



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>









**Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'Intérêt local**

(Internationaler Strassenbahn- und Kleinbahn-Verein)

---

XIV **CONGRÈS INTERNATIONAL**

DE

**Tramways et de Chemins de Fer d'Intérêt local**

**MILAN**

**17 - 21 Septembre 1906**

---

**QUATORZIÈME ASSEMBLÉE GÉNÉRALE**

---

**Comptes Rendus Détaillés**



SECRÉTARIAT GÉNÉRAL :

**6, Impasse du Parc, Bruxelles**

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

169, rue de Flandre, 169

—  
1906

Transportation  
Library

TF  
701  
.I62  
1906

# Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'Intérêt local

(INTERNATIONALER STRASSENBAHN- UND KLEINBAHN-VEREIN)

## Congrès International de Milan

Septembre 1906.

### ORDRE DU JOUR DES SÉANCES

#### Première séance. — Lundi 17 septembre.

1. Inauguration du Congrès dans la salle des fêtes de l'Institut des aveugles (*Istituto dei Ciechi*), en présence des délégués des Gouvernements étrangers, des représentants du Gouvernement italien, de la Province et de la Municipalité de Milan.

2. Progrès de la traction électrique sur les lignes de chemins de fer secondaires. Note de M. ERIC GÉRARD, Professeur à l'Université de Liège et Directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore, présentée par M. CH. THONET, Directeur Général de la Société d'Entreprise Générale de Travaux, à Liège.

3. De l'importance économique des usines génératrices et des moteurs à gaz pauvre dans les installations de tramways et de chemins de fer d'intérêt local. Rapporteur : M. E.-A. ZIFFER, Ingénieur civil, Président du Conseil d'administration des Chemins de fer de la Bukowine, Vienne.

#### Deuxième séance. — Mardi 18 septembre.

4. Réglementation relative aux moteurs de traction à courant continu. Projet de réglementation présenté par M. G. KAPP, Professeur à l'Université de Birmingham, ancien Secrétaire Général de l'Association allemande des électriciens, au nom de MM. A. BLONDEL, Professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées, Paris; E. D'HOOP, Directeur du service technique à la Société « Les Tramways Bruxellois »; C.-H. MACLOSKIE, Ingénieur en chef à l>Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft; G. RASCH, Professeur à l'Ecole polytechnique d'Aix-la-Chapelle; SWINBURNE, ancien Président de l'Association anglaise des électriciens, et WYSSLING, Professeur à l'Ecole polytechnique de Zurich).

5. — Avantages et inconvénients dans les réseaux importants, du système d'alimentation par zones isolées ou non isolées comparé au système d'alimentation sans aucun sectionnement. Rapporteurs : M. G. RASCH, Professeur à l'Ecole polytechnique d'Aix-la-Chapelle, et M. E. PIAZZOLI, Directeur de la Société sicilienne d'Entreprises électriques, Palerme.

5-27-41. 285

6. Du gabarit des voitures de tramways urbains spécialement au point de vue de la largeur. Rapporteur : M. H. GÉRON, Ingénieur, Directeur de la Société des Tramways de Cologne (en liquidation), Bruxelles.

7. Le soir, à la réception offerte par la Société générale italienne Edison d'électricité, conférence de M. G. SEMENZA, Ingénieur, Inspecteur des services électriques de la compagnie, sur « Les turbines à vapeur dans leurs applications à la traction électrique ».

**Troisième séance. — Jeudi 20 septembre.**

8. Construction des voies dans les réseaux de tramways urbains (infrastructure et superstructure). Rapporteurs : M. H. DUBS, Directeur des Tramways de Marseille et M. A. BUSSE, Ingénieur en chef de la Grande Compagnie des Tramways de Berlin (Grosse Berliner Strassenbahn).

9. Superstructure de la voie pour lignes de chemins de fer d'intérêt local au point de vue spécial : *a*) de la longueur des rails à mettre en œuvre ; *b*) de l'emploi des joints soudés (Falk, Goldschmidt, etc.); *c*) du chevauchement des joints; *d*) des moyens d'empêcher le desserrage des boulons. Rapporteur : M. C. DE BURLET, Directeur Général de la Société nationale des Chemins de fer vicinaux, Bruxelles.

10. Résultats obtenus par l'emploi de compteurs de courant et autres sur les voitures de tramways. Rapporteur : M. WATTMANN, Directeur des Tramways municipaux de Cologne.

**Quatrième séance. — Vendredi 21 septembre.**

11. Avantages et inconvénients des différents systèmes de freins mécaniques en usage dans les exploitations de tramways électriques. Rapporteurs : M. L. PETIT, Ingénieur, Chef de division à la Société nationale de Chemins de fer vicinaux, Bruxelles, et M. SCHOLTES, Directeur des Tramways de Nuremberg-Fürth.

12. De la vitesse maximum des trains pour les lignes de chemins de fer d'intérêt local sur siège spécial et pour les lignes sur route. Rapporteur : M. E. KRASA, Inspecteur Général des chemins de fer d'intérêt local de la Bukowine à Czernowitz.

13. Communications diverses.

14. Clôture du Congrès.

15 Assemblée générale statutaire de l'Union internationale.

---

**Comité de Direction de l'Union Internationale de Tramways  
et de Chemins de fer d'intérêt local.**

*Président :*

JANSSEN, L., Administrateur, Directeur Général de la Société anonyme « Les Tramways Bruxellois », Bruxelles.

*Vice-Présidents :*

KOEHLER, Direktor der Grossen Berliner Strassenbahn-Gesellschaft, Berlin.  
ZIFFER, E.-A., Präsident der Bukowinaer Lokalbahnen, Wien.

*Membres :*

BROCA, G., Ingénieur, Directeur de l'exploitation et des services techniques de la Compagnie des Tramways de Paris et du Département de la Seine, Paris.  
GÉRON, H., Directeur de la « Kölnischen Strassenbahn-Gesellschaft (in liqu.) », Bruxelles.  
KESSELS, J., Directeur de la Société Générale des Chemins de fer économiques, Bruxelles.  
LAVALARD, E., Administrateur délégué de la Compagnie Générale des Omnibus, Paris.  
NONNENBERG, F., Directeur de la Compagnie générale de Chemins de fer secondaires, Bruxelles.  
VON PIRCH, E., Direktor der Elektrischen Strassenbahn Barmen-Elberfeld, Elberfeld.

*Secrétaire Général :*

T'SERSTEVENS, P., Ingénieur, Bruxelles.

---

**Comité local à Milan.**

*PRÉSIDENCE D'HONNEUR :*

MARQUIS PONTI, H., Sénateur du Royaume, Syndic de Milan.  
ALFAZIO, J., Sénateur du Royaume, Préfet de Milan.  
MANUSARDI, P., Avocat, Président de la Députation Provinciale de Milan.

*COMITÉ EXÉCUTIF :*

*Président :*

PONZIO, J., Ingénieur, Professeur à l'Institut technique supérieur, Assesseur de la ville de Milan, Milan.

*Vice-Président :*

BIANCHINI, E., Ingénieur, Inspecteur en chef des chemins de fer de l'État italien, Milan.

*Trésorier :*

FOSCARINI, A., Ingénieur, Directeur des Tramways de la Société Edison, Milan.

*Secrétaire général :*

GIAVANOLA, P., Ingénieur, Directeur du service des Tramways de la Ville de Milan, Milan.

*Membres :*

- BERTINI, A., Ingénieur, Directeur général technique de la Société Générale italienne Edison d'Electricité, Vice-Président de l'Association italienne de Tramways, Milan.
- CAMPIGLIO, A., Ingénieur, Président de l'Union italienne de Chemins de fer d'intérêt local, Président de la Section des Transports terrestres de l'Exposition Internationale de Milan, Milan.
- CARLIER, J., Ingénieur, Directeur du Chemin de fer du Nord-Milan, Membre du Comité de l'Union italienne de Chemins de fer d'intérêt local, Milan.
- CASTIGLIONE, A., Ingénieur, Député provincial de Milan, Milan.
- DEFACQZ, C., Ingénieur, Directeur des Chemins de fer du Tessin, Membre du Comité de l'Union italienne de Chemins de fer d'intérêt local, Milan.
- GRANDMOULIN, J., Directeur des Tramways interprovinciaux Milan-Bergame-Crémone, Secrétaire général de l'Association italienne de Tramways, Milan.
- RADICE, Ingénieur, Président de l'Association italienne de Tramways, Membre d'honneur de l'Union Internationale de Tramways et Chemins de fer d'intérêt local, Milan.
- SANJUST DI TEULADA, E., Ingénieur en chef du Génie civil, Milan.

*Secrétaires :*

- D'ALO, G., Ingénieur, Inspecteur des Chemins de fer de l'Etat italien, Milan.
- DENTI, E., Ingénieur du Bureau technique de la Province de Milan, Milan.
- NAGEL, C., Ingénieur, Inspecteur principal des Chemins de fer de l'Etat italien, Milan.

*MEMBRES DU COMITÉ LOCAL :*

- AGOSTI, PH., Ingénieur, Directeur du Tramway Brescia-Montava-Ostiglia, Mantoue.
- BANCHINI, J., Ingénieur, Directeur du Tramway Milan-Gallarate, Milan.
- BIRAGHI, P., Ingénieur, Membre du Comité de l'Union italienne des Chemins de fer d'intérêt local.
- BORELLA, E., Ingénieur, Directeur du Chemin de fer Turin-Cirié-Lanzo, Membre du Comité de l'Union italienne des Chemins de fer d'intérêt local, Turin.
- BOUTTIAUX, A., Ingénieur, Directeur des Tramways Parmensi e Cremonesi, Parme.
- CAMIS, V., Ingénieur, Directeur du Chemin de fer Verona-Caprino-Garda, Membre du Comité de l'Union italienne de Chemins de fer d'intérêt local, Vérone.
- CANTONI, Baron C., Président de la Société l'« Auxiliaire », Milan.
- CAVALLI, P., Administrateur du Tramway et Funiculaire de Bergame, du Tramway Bergame-Trescorre-Sarnico et du Tramway Monza-Trezzo-Bergame, Bergame.
- CHURCHWARD, W.-P., Ingénieur, Directeur de la Lombardy Road Railways Cy, Milan.
- CONFALONIERI, A., Ingénieur, Directeur du Tramway Milan-Magenta-Castano, Membre du Comité de l'Association italienne des Tramways, Milan.
- CONTI, H., Ingénieur, Administrateur gérant de la Société Gadda e C<sup>ie</sup>, pour la Construction des Machines et Appareils électriques, Conseiller communal de Milan, Milan.
- CRESPI, S., Député au Parlement, Administrateur du Tramway Monza-Trezzo-Bergame, Président de l'Automobile Club, Milan.
- DE SIMONI, C., Ingénieur, Directeur du Tramway Monza-Barzano-Oggiono, Monza.
- FERRARI, A., Avocat, Président de la Société du Chemin de fer Novara-Seregno et de la Société des Tramways Ferraresi.

- FERRARIS, D., Ingénieur, Directeur de la Société anonyme Officine già Fratelli Diatto, Turin.
- FINZI, G., Ingénieur, Administrateur de la Société anonyme de Constructions électriques Brioschi Finzi e C<sup>ie</sup>, Président de la Section de Milan de l'Associazione Elettrotecnica Italiana, Milan.
- FOSSATI, H., Ingénieur, Directeur du Chemin de fer funiculaire Como-Brunate, Côme.
- FUCCI, G., Ingénieur, Directeur de la Société Romana di Tramways e Omnibus, Rome.
- GADDA, J., Ingénieur, Administrateur gérant de la Société Gadda e C<sup>ie</sup> pour la Construction de Machines et Appareils électriques, Président de l'Unione Elettrotecnica Italiana.
- GALLUZZI, E., Ingénieur, Directeur des Guidovie Centrali Venete e Società Veneta per costruzione ed esercizio di Ferrovie Secondarie, Padoue.
- GANDINI, G., Ingénieur, Directeur des Chemins de fer secondaires de Sardaigne, Turin.
- GARBARINO, G., Ingénieur, Directeur des Tramways piémontais, Saluzzo.
- GAVAZZI, G., Ingénieur, Conseiller communal de Milan, Milan.
- GAVIRAGHI, C., Ingénieur, Directeur du Chemin de fer de la Haute-Valtelline, Tirano.
- KLEIN, H., Ingénieur, Directeur des Chemins de fer Sassuolo-Modena-Mirandola-Finale, Membre du Comité de l'Union italienne de chemins de fer d'intérêt local, Modène.
- KRUEGER, C., Ingénieur, Directeur de la Société italienne d'Electricité Siemens-Schuckert, Milan.
- KUNTZE, A., Ingénieur, Directeur de l'Unione Italiana di Tramways Elettrici, Gênes.
- JONA, E., Ingénieur, Président de l'Associazione Elettrotecnica Italiana, Milan.
- LAUCHARD, E., Directeur des Tramways de Turin, Membre du Comité de l'Association italienne des Tramways, Turin.
- LIGABUE, A., Ingénieur, Directeur du Chemin de fer du Val Brembana, Bergame.
- LOCATELLI, H., Ingénieur, Directeur du Chemin de fer de l'Appenin Central, Città di Castello.
- LUSARDI, R., Ingénieur, Directeur des Tramways de la Province de Vicence, Membre du Comité de l'Association italienne de Tramways, Plaisance.
- LUZZATI, R., Ingénieur, Directeur de la Società Varesina per Imprese Elettriche, Varese.
- MARSAL, G., Ingénieur, Directeur des Chemins de fer économiques du Biellais et du Tramway Ivrea-Santhià, Biella.
- MERIZZI, J., Ingénieur, Directeur du Tecnomasio Italiano Brown-Boveri.
- MERRONE, S., Ingénieur, Directeur de la Société Italienne Oerlikon.
- MOLEX, Directeur du Chemin de fer central et des Tramways du Canavese, à Rivarolo Canavese.
- MONACELLI, J., Ingénieur, Directeur Général de la Società Italiana Ernesto Breda pour les constructions mécaniques.
- PAGANI, J., Ingénieur, Directeur des Tramways de Côme, Côme.
- PARENZO, A., Ingénieur, Directeur des Tramways de Bologne, Bologne.
- PIAZZOLI, E., Ingénieur, Directeur de la Società Siculo di Imprese Elettriche, Vice-Président de l'Associazione Elettrotecnica Italiana, Palerme.
- PISA, P., Ingénieur, Directeur du Chemin de fer Suzzara-Ferrara, Ferrara.
- POLLAK, C., Ingénieur, Directeur de la Société Italienne A. E. G. Thomson-Houston, Milan.

QUATTRINI, B., Directeur de la Société de Chemins de fer et de Navigation du Lac de Lugano, Lugano.  
ROSI, E., Directeur des Tramways Florentins, Florence.  
RUSCONI CLERICI, G., Ingénieur, Secrétaire Général de l'Union Italienne de Chemins de fer d'intérêt local.  
SCLAVERANI, M., Ingénieur, Directeur de la Società Nazionale delle Officine di Savigliano, Turin.  
STOKHAUSEN, L., Ingénieur, Directeur de la Société Italienne Lahmeyer d'Electricité, Milan.  
VAN BREUSE, E. Ingénieur, Directeur des Tramways de la Province de Brescia, Brescia.  
VILERS, E., Ingénieur, Directeur des Tramways Napolitains, Naples.  
ZAFFARONI, A., Conseiller communal de Milan, Secrétaire du Touring Club d'Italie, Milan.

---

### **Délégués officiels des Gouvernements.**

#### **ALLEMAGNE**

KABIERSCHE, Geheimer Ober-Regierungsrat, vortragender Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten, Berlin;  
ULBRICHT, Geheimer Baurat, Dr phil., vortragender Rat im königl. sächsischen Ministerium des Innern, Dresden;  
STENZ, Postrat, Leipzig;  
ZWEILING, Regierungsrat, Mitglied des kaiserlichen Patentamtes zu Berlin.

#### **AUTRICHE**

JULLIG, M. Dr Techn., k. k. Oberbaurat im Eisenbahnministerium und o. Professor an der technischen Hochschule in Wien, Wien.

#### **BELGIQUE**

VERHAEGHE DE NAEYER, Ministre plénipotentiaire de Belgique à Rome;  
VAN YPERSEELE DE STRIHOU, M., Secrétaire de la Légation belge à Rome;  
COMTE ADRIEN VAN DER BURCH, Commissaire Général du Gouvernement belge à l'Exposition de Milan, Milan;  
GÉRARD, E., Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Chef du Cabinet du Ministre des Chemins de fer, Postes et Télégraphes, Bruxelles;  
ANDRÉ, E., Inspecteur Général, Chargé de l'Administration de la Voirie communale au Ministère de l'Agriculture, Bruxelles;  
L'HOEST, G., Ingénieur en chef, Inspecteur de Direction à l'Administration des chemins de fer, (service de la traction et du matériel), Bruxelles;  
VAN BOGAERT, Ingénieur en chef, Directeur de service attaché à la Direction générale des Chemins de fer, Bruxelles;  
ROOSEN, M., Ingénieur en chef, Inspecteur de Direction à l'Administration des télégraphes, Bruxelles;  
GRÜLS, P., Directeur de l'Administration de la Voirie communale au Ministère de l'Agriculture, Bruxelles.



## BULGARIE

UNTERBERG, G., Directeur Général des Chemins de fer de l'Etat Bulgare, Sofia ;  
TICHOLOFF, Chef du Département de la Traction aux Chemins de fer de l'Etat bulgare, Sofia ;  
MIHAÏLOFF, J., Commissaire princier auprès les Chemins de fer orientaux, à Philippopoli.

## DANEMARK

SVEND HØGSBRO, Ministre des Travaux Publics, Copenhague ;  
MEYER, Directeur des Télégraphes au ministère des Travaux Publics, Copenhague ;  
BUSSE, Directeur du Département des Machines à l'Administration des Chemins de fer de l'Etat danois, Copenhague.

## ESPAGNE

FAQUINETO, ANTONIO, Ingénieur en chef du corps des Chemins de fer au Ministère de l'Agriculture, de l'Industrie, du Commerce et des Travaux Publics, Madrid ;  
AGUINAGA, JOSÉ DE, Ingénieur des Ponts et Chaussées au Ministère de l'Agriculture, de l'Industrie, du Commerce et des Travaux Publics, Madrid.

## FRANCE

PÉROUSE, Conseiller d'Etat, Directeur des Chemins de fer au Ministère des Travaux Publics, Paris ;  
BARTHOU, L. Directeur du Cabinet du Ministère des Travaux Publics, Paris ;  
CLAVEILLE, Directeur du Personnel de la Comptabilité au Ministère des Travaux Publics, Paris ;  
DILLE, Chef de Division au Ministère des Travaux Publics, Paris ;  
HEUDE, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Melun ;  
MONET, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Versailles ;  
FONTANEILLES, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, adjoint à la Direction des Chemins de fer au Ministère des Travaux Publics, Paris ;  
NENGIN, Lieutenant-Colonel d'Artillerie, Sous-Directeur des Ateliers de construction de Puteaux, Puteaux.

## GRÈCE

HOMÈRE, PAUL, Ingénieur, Chef du Département des Chemins de fer et des Tramways au Ministère de l'Intérieur, Athènes ;  
BALANOS, ARISTIDE, Ingénieur en chef au Département des Chemins de fer et des Tramways au Ministère de l'Intérieur, Athènes.

## HONGRIE

VON SZÜTS, ANDREAS, Ministerial Vice-Sekretär im Handelsministerium, Budapest.

## ITALIE

COMM. COLETTA, Presidente di Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Roma ;  
CAV. ING. E. BIANCHINI, Ispettore Capo, Regio Ufficio speciale delle Ferrovie, Milan.

## NORVÈGE

BARTH, J., Ingénieur, Direktor der « Kristiania Elektriske Sporvei », Kristiania.

## ROUMANIE

HERJEU, NICOLAS, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Secrétaire Général du Ministère des Travaux Publics, Bucarest.

## RUSSIE

VON WENDRICH, ALFRED, Lieutenant Général, Membre du Conseil du Génie au Ministère des voies de communication, St. Pétersbourg ;  
DE STCHEPOTTIEFF, SERGE, Conseiller d'Etat, Sous-chef du Département technique de l'Administration Générale des Chemins de fer au Ministère des voies de communication, St.-Pétersbourg.

---

### Liste de présence.

AGOSTEO DEFENDETE, Directeur de la Société anonyme pour la conservation des bois, Milan.  
AGOSTI, F., Directeur du Tramway de Brescia-Mantoue-Ostiglia, Mantoue.  
AGOSTON, M., Chef de la comptabilité des Tramways de Budapest, Budapest.  
AGUINAGA, J. DE, Ingénieur des Ponts et Chaussées au Ministère de l'Agriculture, de l'Industrie, du Commerce et des Travaux Publics, Madrid.  
ALESSI, G.-B., Administrateur des Tramways à vapeur de Vérone-Vicence, Milan.  
ANDERSON, W., Directeur Général de la Compagnie des Tramways de Dublin, Dublin.  
ANDERSON, E., Ingénieur en chef de la Compagnie des Tramways de Dublin, Dublin.  
ANDRÉ, E., Inspecteur Général chargé de l'Administration de la Voirie communale au Ministère de l'Agriculture, Bruxelles.  
ANTAL, J., Magistrat der Budapester Stadtbahn, Budapest.  
BAGGE, F., Directeur de la maison Pooch et Herrmann, Bruxelles.  
BANCHINI, J., Ingénieur, Directeur du Tramway de Milan à Gallarate, Milan.  
BARTH, J., Ingénieur, Directeur des Tramways électriques de Christiania, Christiania.  
BARZANO, Ch., Ingénieur, Directeur de la Revue électrique « L'Industrie », Milan.  
BATTES, Directeur des Tramways municipaux de Francfort s/M., Francfort s/M.  
BAUMANN, O., Directeur de la Grande Société des Tramways de Leipzig, Leipzig.  
BAUR, H., Ingénieur en chef de la Société d'Electricité Ganz et Cie, Budapest.  
BERGER, Dr J., Membre du Conseil d'administration de la Société des Chemins de fer locaux de Vienne, Vienne.  
BERTINI, A., Ingénieur, Directeur Général technique de la Société Générale Edison d'Electricité, Milan.  
BERTSCHINGER, Directeur des Tramways municipaux de Zurich, Zurich.  
BEURLE, Dr C., Membre du Parlement autrichien et de la Diète, Président de la Compagnie d'Eclairage et de Tramways de Linz-Urfahr, Linz s/D.  
BIANCHINI, E., Inspecteur en chef des Chemins de fer de l'Etat italien, Milan.  
BIRAGHI, P., Ingénieur, Milan.

- BLAND, F., Directeur des Etablissements Edgard Allen et C<sup>ie</sup>, Sheffield.  
BLAUDEL, Directeur des Ateliers de construction Gebr. Hofmann et C<sup>ie</sup>, Breslau.  
BLONDIN, Directeur de la « Revue Electrique », Paris.  
BLUMBERG, Directeur des Tramways de Cassel, Cassel.  
BODENHAUSEN, K. VON, Ingénieur, Berlin.  
BOUTTIAUX, A., Directeur des Tramways de Parme, Parme.  
BURTON, CH., Sous-Directeur de la Compagnie Thomson-Houston de la Méditerranée, Paris.  
BUSSE, A., Ingénieur en chef de la Grande Société des Tramways de Berlin, Berlin.  
BUSSE, Directeur du Département des machines à l'Administration des Chemins de fer de l'Etat danois, Copenhague.  
CALLET, Ingénieur de la Compagnie Thomson-Houston, Rome.  
CAMPIGLIO, A., Président de l'Union italienne de Chemins de fer d'intérêt local, Milan.  
CANTONI, Baron C., Président de la Société « L'Auxiliaire », Milan.  
CAPELLO, V., Chef du Département des Chemins de fer de l'Etat italien, à Gênes.  
CARLIER, A., Directeur du Chemin de fer Nord-Milan, Milan.  
CARPANI, A., Ingénieur de la Vacuum Oil Company Société anonyme italienne, Gênes.  
CASTIGLIONE, A., Député provincial, Milan.  
CAVALIERI, comm. L., Ferrara.  
CHALLIOL, A., Directeur de l'exploitation de la Société turinaise de Tramways et de Chemins de fer économiques, Turin.  
CHASSIN, A., Directeur des Tramways départementaux de la Côte-d'Or, Dijon.  
CHAUMONT, AD., Inspecteur des Chemins de fer de l'Etat belge, Bruxelles.  
CHECCHETTI, G., Ingénieur, Milan.  
CHOULGIN, Ingénieur des Tramways municipaux de Moscou, Moscou.  
CHURCHWARD, W.-P., Directeur de la Compagnie des Chemins de fer de la Lombardie, Milan.  
COLLETTA, N., Président de la section du Conseil supérieur des Travaux publics, Rome.  
CONFALONIERI, A., Directeur des Tramways de Milan à Magenta, Milan.  
CONTI, E., Ingénieur, Conseiller municipal, Administrateur et Directeur de l'Union électrotechnique italienne, Milan.  
COSTE, A., Secrétaire-Général de l'Union des Tramways de France, Paris.  
CREDNER, Directeur des Tramways suburbains de Leipzig, Leipzig.  
CREMER, Directeur des Tramways de Barme, Barme.  
CUÉNOD, Ingénieur-conseil, Genève.  
DAUBNER, Directeur général de la Compagnie des Chemins de fer de la Silésie, Kattowitz.  
DAVIN, Industriel, Brême.  
DE BENEDETTI, Inspecteur en chef des Chemins de fer de l'Etat italien, Rome.  
DE BURLET, C., Directeur-Général de la Société nationale des Chemins de fer vicinaux, Bruxelles.  
DEFACQZ, CH., Directeur de l'exploitation de la Compagnie du Chemin de fer du Tessin, Milan.  
DE LANCKER, FR., Directeur des Chemins de fer économiques de Bari-Barletta et extensions, Bari.  
DELMEZ, Ingénieur en chef à la Compagnie générale des Tramways d'Anvers, Anvers.  
DEL PROPOSTO, P., Directeur de la Société générale de Tramways et d'Applications d'Electricité, Sébastopol.  
DENTI, E., Ingénieur au Département technique de la Province, Milan.

- DERY, J., Administrateur de la Société des Chemins de fer économiques Rome-Milan-Bologne, Bruxelles.
- DE SÉBILLE, Ingénieur, Bruxelles.
- DE STCHEPOTIEFF, S., Conseiller d'Etat, Sous-Chef du Département technique de l'Administration générale des Chemins de fer de l'Empire russe, Saint-Pétersbourg.
- DE STRENS, E., Ingénieur, Directeur de la Maison Babcock et Wilcox, Milan.
- DE VLEESCHAUWER, G., Ingénieur, Consul de Belgique à Milan.
- DIETRICH, Dr ing. M., Ingénieur de Tramways, attaché à la Municipalité de Berlin.
- DILLÉ, Chef de division au Ministère des Travaux publics, Paris.
- DIX, F., Directeur des Tramways de Munich, Munich.
- DOMBROWSKY, A., Ingénieur, Brême.
- DRÄGER, Directeur de la Compagnie générale allemande de Chemins de fer d'intérêt local, Berlin.
- DUBS, H., Directeur des Tramways de Marseille, Marseille.
- DUPONT, L., Directeur des Usines Baume et Marpent, Haine-Saint-Pierre.
- DUPREZ, A., Secrétaire de la Société « Les Tramways Bruxellois », Bruxelles.
- DUSCHINSKY, H., Chef de Département à l'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft, Berlin.
- EDRIDGE, W.-E., Ingénieur des Tramways de Marseille, Marseille.
- EGGER, Ingénieur, Bruxelles.
- EGGERMANN, J., Directeur d'exploitation des Tramways de Lucerne, Lucerne.
- EISIG, Dr M., Ingénieur en chef de la Ville de Nuremberg, Nuremberg.
- ERBER, M., Secrétaire général de la Compagnie des Chemins de fer d'intérêt local de Brunn, Brunn.
- ESTERLE, C., Administrateur délégué de la Société générale italienne d'électricité Edison, Milan.
- FABER, S.-A., Directeur des Tramways de Copenhague, Copenhague.
- FAQUINETO, A., Ingénieur du Corps des Chemins de fer au Ministère de l'Agriculture, de l'Industrie, du Commerce et des Travaux publics, Madrid.
- FASSBENDER, Industriel, Berlin.
- FEDOROW, Conseiller municipal de Saint-Pétersbourg, Représentant de la Commission exécutive pour l'exploitation et la construction des Tramways municipaux de Saint-Pétersbourg, Saint-Pétersbourg.
- FINZI, Professeur à l'Ecole polytechnique d'Aix-la-Chapelle, Aix-la-Chapelle.
- FINZI, Dr G., Président de l'Association électrotechnique italienne, Milan.
- FISCHER, F., Directeur des Tramways de Cracovie, Cracovie.
- FISCHER-DICK, J., Conseiller royal de constructions, Wiesbaden.
- FONTANEILLES, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Adjoint à la Direction des Chemins de fer au Ministère des Travaux publics, Paris.
- FORONDA, M. DE, Directeur des Tramways de Barcelone, Barcelone.
- FOSCARINI, A., Ingénieur, Directeur du Département des Tramways à la Société Edison d'électricité, Milan.
- FRIES, M., Ingénieur de l'A.-E.-G.-Thomson-Houston, Milan.
- FROMM, TH., Directeur des Tramways de Hanovre.
- FUCCI, G., Ingénieur, Directeur de la Société des Tramways et Omnibus de Rome.
- GADDA, G., Ingénieur, Président de l'Union électrotechnique Italienne, Milan.
- GARBARINO, G., Directeur des Tramways Piémontais, Saluzzo.
- GAVIRAGHI, C., Ingénieur, Directeur du Chemin de fer de la Haute-Valtelline, Tirano.
- GÉRON, H., Directeur des Tramways de Cologne (en liquidation), Membre du Comité de Direction de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, Bruxelles.
- GERRITZEN, J.-G., Président des Tramways de Breskens à Maldegheem, Breskens.

- GEYL, J., Directeur des Tramways de Hambourg, Hambourg.
- GILBERT, E., Commissaire à la Société « Les Tramways bruxellois », Bruxelles.
- GIORDANI, E., Ingénieur de la Vacuum Oil Company Société anonyme italienne, Gênes.
- GIORDANO, G., Directeur des Etablissements municipaux de la Ville de Fiume, Fiume.
- GIORGI, G., Ingénieur, Directeur de l'Office technologique de la Ville, Rome.
- GIOVANOLA, P., Directeur du Service des Tramways municipaux de Milan, Milan.
- GOLDSCHMIDT, Dr Th., Industriel, Essen.
- GÖRNER, J., Ingénieur en chef de la Maison Hartmann et Braun, Francfort-s/M.
- GRANDERATH, J., Industriel, Dusseldorf.
- GRANDMOULIN, J., Directeur des Tramways interprovinciaux de Milan-Bergame-Crémone, Milan.
- GRIALOU, J., Directeur de la Compagnie des Omnibus et Tramways de Lyon, Lyon.
- GRUSLIN, A., Administrateur de différentes Compagnies de Tramways, Bruxelles.
- GRULS, P., Directeur à l'Administration de la Voirie communale au Ministère de l'Agriculture, Bruxelles.
- GUILLON, F., Administrateur délégué de la Compagnie des Chemins de fer et Tramways en Perse, Bruxelles.
- GYSIN, A., Directeur des Tramways de Bâle, Bâle.
- HAGEMEYER, M., Directeur des Tramways de Plauen, Plauen.
- HÄHNER, Directeur de la Compagnie des Tramways de Strasbourg, Strasbourg.
- HALFERN, FR. VON, Membre du Conseil d'Administration des Tramways d'Aix-la-Chapelle, Aix-la-Chapelle.
- HÄMIG, Ingénieur en chef de la Société « L'Adhésion », Berne.
- HAPS, J., Administrateur des Tramways de Livourne, Bruxelles.
- HASSA, P., Ingénieur en chef des Tramways municipaux de Vienne, Vienne.
- HAUSMANN, O., Directeur des Tramways de Gablonz, Gablonz.
- HEGGMAN, Directeur des Ateliers de construction Carl Weyer et Cie, Dusseldorf.
- HERJEU, N., Secrétaire général du Ministère des Travaux publics, Bucarest.
- HERMANN, J., Ingénieur civil, Essek (Croatie).
- HEUDE, H., Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Melun.
- HEYLEN, A., Ingénieur, Directeur de la Société anonyme pour l'Exploitation des Chemins de fer vicinaux, Louvain.
- HIARD, L., Industriel, Haine-Saint-Pierre.
- HILDEBRAND, W., Directeur de la Continentale Bremsen Gesellschaft, Lankwitz près Berlin.
- HOFMANN, E., de la maison Scheinig & Hofmann, Linz s. D.
- HOFMANN, H., de la maison Scheinig & Hofmann, Linz s. D.
- HRADEZKY, O., Chef de l'exploitation des Tramways municipaux de Vienne, Vienne.
- HUBNER, W.-D., Secrétaire de l'Union néerlandaise de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, La Haye.
- HUNNINGHAUS, Directeur des Chemins de fer d'intérêt local de Francfort s/M., Francfort s/M.
- HOMÈRE, P., Chef du Département des Chemins de fer et des Tramways au Ministère de l'Intérieur, Athènes.
- IANLET, L., Ingénieur à la Société financière de Transports et d'Entreprises industrielles, Bruxelles.
- JANSSEN, L., Directeur Général-Administrateur de la Compagnie « Les Tramways Bruxellois », Président de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, Bruxelles.
- JONA, E., Ingénieur, Président de l'Association électrotechnique italienne, Milan.
- JULIUS, C.-H., Administrateur délégué de la Compagnie des Chemins de fer électriques de Haarlem, Haarlem.

- KABIERSCHE, Geh., Oberregierungsrat und vortragender Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten, Berlin.
- KAI NORREGAARD, Directeur des Tramways de Copenhague, Copenhague.
- KAPP, C., Administrateur de la Société sicilienne d'Entreprises électriques, Milan.
- KAPP, Dr G., Professeur à l'Université de Birmingham, Birmingham.
- KESSELS, J., Directeur de la Société générale de Chemins de fer économiques, Membre du Comité de direction de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, Bruxelles.
- KLITZING, Directeur des Tramways de Stettin.
- KNOBLAUCH, M., VON, Ingénieur, Berlin.
- KOEHLER, Directeur de la Grande Compagnie des Tramways de Berlin, Vice-Président de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, Berlin.
- KÖNIG, E., Ingénieur, Vienne.
- KÖTTING, OSW., Chef des Ateliers de construction de la Grande Compagnie de Leipzig, Leipzig.
- KRASA, E., Inspecteur général des Chemins de fer de la Bukowine, Czernowitz.
- KRETZSCHMAR, Dr, Conseiller municipal de la Ville de Dresde, Dresde.
- KRUEGER, A., Ingénieur, Sous-directeur de la Société italienne Siemens-Schuckert, Milan.
- KÜHLES, Dr K., Conseiller municipal de la Ville de Munich, Munich.
- KUNTZE, A., Directeur des Tramways de Gênes, Gênes.
- LANGE, F., Directeur de la maison Th. Goldschmidt, Essen.
- LANGE, O., Directeur des Tramways municipaux d'Helsingborg.
- LATTES comm. ORESTE, Ingegnere di Miniere, già Primo Ispettore delle Industrie del Regno, Ten. Colonnello del Genio M. T., Rome.
- LAVALARD, E., Administrateur délégué de la Compagnie générale des Omnibus, Membre du Comité de Direction de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, Paris.
- LEHODEY, Directeur des Tramways d'Odessa, Odessa.
- L'HOEST, Ingénieur en chef, Inspecteur de direction à l'Administration des Chemins de fer de l'Etat belge, Bruxelles.
- L'HOEST, M., Ingénieur, Mont-Saint-Guibert (Belgique).
- LIEBMANN, Ingénieur, Magdebourg.
- LOCATELLI, Directeur de l'exploitation de la Société des Chemins de fer de l'Apennin central, Città di Castello.
- LOOFT, C., Ingénieur, Délégué des Tramways de Stockholm, Stockholm.
- LÖWIT, O., Directeur des Tramways municipaux de Mannheim, Mannheim.
- LUSARDI, R.-C., Administrateur des Tramways de la Province de Vicence, Plaisance.
- LUZZATI, R., Ingénieur, Directeur de la Société d'Entreprises électriques à Varèse, Varèse.
- MAES, G., Ingénieur, Directeur du Chemin de fer du Val Seriane, Bergame.
- MAGY, G., Directeur des Tramways de Belgrade, Belgrade.
- MANCINI, M., Sous-Directeur de la Compagnie française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston, Paris.
- MANKE, E., Ingénieur en chef de l'Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.
- MARYSSEAL, L., Directeur des Tramways à vapeur des provinces de Vérone et Vicence, Vérone.
- MELAUN, F., Ingénieur civil, Charlottenbourg.
- MENZEL, PH., Ingénieur en chef de la Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg Actien-Gesellschaft, Nuremberg.
- MERIZZI, G., Ingénieur, Directeur de la Société anonyme Brown-Boveri (Filiale italienne), Milan.

- MERRONE, G., Ingénieur, Directeur de la Société italienne Oerlikon, Milan.
- MEYER, Directeur des Télégraphes au Ministère des Travaux publics, Copenhague.
- MIHAÏLOFF, J., Commissaire princier des Chemins de fer orientaux, Philippopoli.
- MIHALYFI, J., Ingénieur en chef des Tramways de Budapest, Budapest.
- MINORINI, F., Ingénieur à l'Office technique de la Ville de Milan, Milan.
- MONACELLI, G., Ingénieur, Directeur général de la Société italienne Ernesto Breda, Milan.
- MONET, AD., Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Versailles.
- MONTENS, J., Directeur de l'Antwerpsche Maatschappij voor den Dienst van Buurtspoorwegen, Anvers.
- NAGEL, Cav. Ing., C., R. Ispettore principale delle Ferrovie, ufficio speciale, Milano.
- NARUSCHEWITSCH, TH., Ingénieur de la Municipalité de Moscou, Moscou.
- NEISZEN, J.-H., Directeur des Tramways municipaux d'Amsterdam, Amsterdam.
- NENGIN, Lieutenant-Colonel d'Artillerie, Sous-directeur des Ateliers de construction de Puteaux, Puteaux.
- NOIRFALISE, L., Directeur-Général des Tramways liégeois, Liège.
- O'SULLIVAN, P.-F., Ingénieur des Tramways de Dublin.
- OTT, V., Directeur des Tramways de Stuttgart.
- OTTONE, G., Ingénieur, Directeur-Général de la Société nationale de Chemins de fer et de Tramways, Rome.
- OVERBECK, Président du Conseil d'Administration du Chemin de fer de montagne de Barme, Barme.
- PADERSTEIN, A., Membre du Conseil d'administration de la Compagnie d'Eclairage et de Tramways de Zwickau, Zwickau.
- PAGANI, G., Directeur des Tramways électriques de Côme, Côme.
- PALLER, RITTER A. VON, Directeur des Tramways de Brunn, Brunn.
- PARENZO, A., Directeur des Tramways urbains de Bologne, Bologne.
- PAULUS, Membre du Conseil d'administration des Tramways d'Augsbourg, Nuremberg.
- PAVIE, G., Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur-Général de la Compagnie générale française de Tramways, Paris.
- PEDRIALI, G., Ingénieur en chef à la Compagnie des Tramways bruxellois, Bruxelles.
- PELS, D., Administrateur de la Compagnie italo-belge des Tramways électriques de Vérone, Bruxelles.
- PÉROUSE, Conseiller d'État, Directeur des Chemins de fer au Ministère des Travaux publics, Paris.
- PETRI, O., Directeur de la Compagnie d'électricité Schuckert, Nuremberg.
- PHILIPSBORN, Industriel, Charlottenbourg.
- PIAZZOII, E., Directeur de la Société sicilienne d'Entreprises électriques, Palerme.
- PIECK, D<sup>r</sup>, Directeur de la Compagnie générale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, Berlin.
- PIEPER, H., Administrateur délégué, Directeur-Général de la Compagnie internationale d'Electricité, Liège.
- PIRANI, E., Directeur de la Société alsacienne de constructions mécaniques, Paris.
- PIRARD, A., Directeur des Tramways de Barcelone à San Andrés, Barcelone.
- PIRCH, E. VON, Directeur des Tramways électriques de Barme-Elberfeld, Membre du Comité de Direction de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, Elberfeld.
- PISA, P., Ingénieur, Directeur du Chemin de fer d'intérêt local Suzzara-Ferrara, Ferrara.
- PLANTA, VON, Directeur de la Société anonyme « L'Adhésion », Berne.
- PLAUT, Ingénieur en chef de l>Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft, Filiale de Munich, Munich.

- POLLAK, CH., Directeur de l'A. E. G.-Thomson-Houston, Société anonyme italienne, Milan.
- PONZIO, G., Ingénieur, Professeur à l'Ecole polytechnique de Milan, Conseiller Municipal, Milan.
- RADICE, E., Ingénieur, Président de l'Association italienne de Tramways, Milan.
- RASCH, Dr G., Professeur à l'Ecole polytechnique d'Aix-la-Chapelle, Aix-la-Chapelle.
- RÉSAL, E., Directeur de la Compagnie française des Tramways et Omnibus de Bordeaux, Bordeaux.
- RITTER, Bourgmestre de la Ville de Mannheim, Mannheim.
- ROCHAT, CH., Directeur-Général de la Compagnie genevoise des Tramways électriques, Genève.
- ROOSEN, Ingénieur en chef, Directeur de service attaché à la Direction générale des Télégraphes, Bruxelles.
- ROTHER, W., Administrateur de différentes Compagnies de Tramways, Berlin.
- RUSCONI CLERICI nob. Ing. G., Milan.
- SANJUST DI TEULADA, E., Ingénieur en chef du Génie civil, Milan.
- SAPIN, C., Ingénieur, Administrateur de différentes Compagnies de Tramways, Bruxelles.
- SAVILLE, W., Représentant de la Maison Edgard Allen et Cie, Sheffield.
- SCHACKOW, A., Directeur des Tramways de Brême, Brême.
- SCHEINIG, F., Directeur de la Compagnie d'Eclairage et de Tramways de Linz, Linz s. D.
- SCHIRMANN, J., Directeur de l'exploitation des Tramways de Jaroslaw, Jaroslaw (Russie).
- SCHMIDT-CORR, O., Ingénieur, chef du service du Contrôle des exploitations à la Compagnie mutuelle de Tramways, Bruxelles.
- SCHMIDT-ECKERT, Ingénieur de la Ville de Munich, Munich.
- SCHOLTES, PH., Directeur des Tramways de Nuremberg-Furth, Nuremberg.
- SCHON, J., Industriel, Conseiller municipal de la Ville de Munich, Munich.
- SCHOTEL, J., Ingénieur, Rotterdam.
- SCHRÖDER, C. W., Président du Conseil d'administration des Tramways de Hambourg, Hambourg.
- SCHWIEGER, Dr ing., Directeur de la Société d'Électricité Siemens & Halske, Berlin.
- SCLAVERANI, Ing. Cav. MICHELANGELO, Direttore della Società Nazionale delle Officine di Savigliano, Turin.
- SEEFEBLNER, Dr ing. E., Ingénieur en chef de l'A. E. G. Union Elektrizitäts Gesellschaft, Wien.
- SEMENZA, G., Ingénieur, Inspecteur des Services électriques de la Compagnie générale italienne d'électricité Edison, Milan.
- SIMEON, Directeur de l'exploitation des Tramways d'Aix-la-Chapelle, Aix-la-Chapelle.
- SOBERSKI, Directeur de la Société Siemens-Schuckert, Nuremberg.
- SOPAUSCHEK, R., Ingénieur en chef de la Société autrichienne Siemens-Schuckert, Vienne.
- SPÄNGLER, L., Directeur des Tramways municipaux de Vienne, Vienne.
- STAHL, Directeur de l'exploitation des Tramways municipaux de Dusseldorf, Dusseldorf.
- STENZ, Conseiller à l'Administration des Postes, Leipzig.
- STIERSTORFER, Ingénieur, Conseiller municipal de la Ville de Munich.
- STOKHAUSEN, J., Ingénieur, Directeur de la Société italienne d'Électricité Lahmeyer & Cie, Milan.
- STOESSEL, Dr A., Directeur de la Société anonyme Electra, Dresde.
- STOESSNER, Directeur des Tramways municipaux de Dresde, Dresde.
- SVEND HØGSBRO, Ministre des Travaux publics, Copenhague.



- SVOBODA, Ingénieur en chef des Tramways électriques de Prague, Prague.
- SZTROKAY, ST. VON, Ingénieur en chef des Chemins de fer d'intérêt local de Szentlörincz, Szentlörincz.
- SZÜTS, A. VON, Secrétaire ministériel au Ministère du Commerce, Budapest.
- TAVERNA, C., Directeur de la Société anonyme Westinghouse (Agence de Rome), Rome.
- THELEMANN, Dr, Conseiller municipal de la Ville de Dusseldorf.
- THODE, A., Industriel, Hambourg.
- THONET, CH., Ingénieur, Directeur-Général de la Société d'Entreprise générale de Travaux, Liège.
- THONET, Ch., fils, Ingénieur, Liège.
- THYS, A., Président du Conseil d'administration de la Compagnie générale des Tramways électriques de Rosario de Santa-Fé (République Argentine), Anvers.
- TICHOLOFF, P., Chef du Département de la Traction à l'Administration des Chemins de fer de l'Etat bulgare, Sofia.
- TILMANN, J., Industriel, Dortmund.
- TRAUTWEILER, Ingénieur en chef des Tramways de Strasbourg, Strasbourg.
- TROLTSCH, V., Directeur des Tramways de Prague.
- T'SERSTEVENS, P., Ingénieur. Secrétaire Général de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, Bruxelles.
- TUBINO, ST., Directeur de la Vacuum Oil Company Société anonyme française, Bruxelles.
- ULBRICHT, Geheimer Baurat, Prof. Dr, vortragender Rat im. königl. Ministerium des Innern, Dresde.
- ULRICH, A., Directeur des Tramways de Hambourg, Hambourg.
- UNTERBERG, G., Directeur général des Chemins de fer de l'Etat bulgare, Sofia.
- URBAN, Président du Conseil d'administration des Tramways d'Arad, Budapest.
- VAN BOGAERT, C., Ingénieur en chef à l'Administration des Chemins de fer de l'Etat belge, Bruxelles.
- VAN BREUSE, Directeur des Tramways de Brescia, Brescia.
- VAN DER BURCH, Comte Adrien, Commissaire général du Gouvernement belge à l'Exposition de Milan, Milan.
- VAN DER MEYLEN, Secrétaire du Commissariat général du Gouvernement belge à l'Exposition de Milan, Milan.
- VAN YPERSELE DE STRIHOU, M., Secrétaire de la Légation belge, à Rome.
- VELLGUTH, H., Secrétaire Général de l'Association allemande de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, Berlin.
- VIGANOTTI, C., Ingénieur, Directeur de la Société anonyme du Tramway Monza-Trezzo-Bergame, Monza.
- VIGNY, Ch., Directeur des Tramways de Trieste, Trieste.
- VILERS, E., Directeur des Tramways napolitains, Naples.
- WAGNER, M., Ingénieur de la Société Westinghouse et C<sup>ie</sup>, Sévran.
- WALRAFF, G., Director des städtischen Vermessungsamtes, Dusseldorf.
- WATTMANN, Directeur des Tramways municipaux de Cologne, Cologne.
- WENDRICH, A., VON, Lieutenant général, Membre du Conseil du Génie au Ministère des Voies de communication, Saint-Pétersbourg.
- WERKHOVSKOY, W., (DE) Ingénieur, Conseiller privé, Membre du Conseil pour les affaires des Chemins de fer, Saint-Pétersbourg.
- WIEDEMANN, F., Administrateur de la Société, « Electra », Dresde.
- WILLIAME, F., Directeur des Tramways électriques de Sofia, Sofia.
- WITKOWSKI, J., Directeur des Tramways électriques de Lodz, Lodz.
- WOLFF, F., VON, Ingénieur des Tramways municipaux de Vienne, Vienne.

WÖRNER, Directeur des Tramways de Budapest, Budapest.  
WÜLLENWEBER, J., Directeur des Tramways de Czernowitz.  
WUSSOW, Dr., Syndic de la Grande Compagnie des Tramways de Berlin, Berlin.  
ZAFFARONI, A., Conseiller municipal de la Ville de Milan, Milan.  
ZCHIRNT, Conseiller municipal de la Ville de Cologne, Cologne.  
ZELL, E., Directeur des Tramways de Göteborg, Göteborg.  
ZIFFER, E.-A., Ingénieur civil, Président du Conseil d'administration des Chemins de fer de la Bukowine, Vice-Président de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, Vienne.  
ZWEILING, A., Conseiller de régence à l'Office impérial des brevets, Berlin.



## Première Séance.

LUNDI 17 SEPTEMBRE 1906.

(Ouverture de la séance à 9 1/2 heures.)

Présidence de S. E. M. DARI,  
Sous-Secrétaire d'Etat au Ministère des Travaux Publics d'Italie.

---

L'ouverture du quatorzième Congrès de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, eût lieu dans la Salle des concerts de l'Institut des Aveugles (*Istituto dei Ciechi*). Un grand nombre d'autorités gouvernementales, provinciales et municipales avaient tenu à honorer cette cérémonie de leur présence; parmi elles, outre les représentants des gouvernements étrangers, nous citerons: S. E. le Sous-Secrétaire d'Etat au Ministère des Travaux Publics d'Italie, M. DARI; le Conseiller municipal GAVAZZI, représentant la Ville de Milan; le Préfet ALFAZIO, Sénateur du royaume; le Député provincial comm. CASTIGLIANI, représentant la Province; M. l'ingénieur C. SALDINI, Professeur à l'Ecole polytechnique de Milan, etc., etc.

M. LÉON JANSSEN, président de l'Union Internationale, ouvre le Congrès en prononçant l'allocution suivante :

**M. L. Janssen.** — Excellence, Messieurs. Voici notre Association à nouveau réunie, cette fois dans la capitale industrielle et économique de l'Italie, cette terre classique non seulement des arts, mais aussi, dirai-je, des électriciens.

L'accueil que nous y trouvons nous flatte à l'extrême quand je vois assis à nos côtés les représentants si autorisés du Gouvernement italien, de la Province et de la Municipalité. Je leur exprime notre profonde reconnaissance pour le grand honneur qu'ils ont bien voulu nous faire en assistant à cette séance inaugurale.

De nombreux Congrès se sont succédé à Milan, dont l'Exposition a convié tous ceux qu'appellent les progrès de l'Industrie et que tentait l'attraction exercée par l'Italie de par le monde.

Croyez, Messieurs, que peu d'associations, parmi toutes celles que vous avez reçues, sont venues vers vous avec plus d'enthousiasme que la nôtre, et soyez assurés que nulle n'est venue avec plus de sincère amitié.

Recevez, Messieurs, nos hommages et l'expression de notre gratitude pour l'honneur que vous nous faites et pour la haute marque d'intérêt que vous voulez bien nous donner aujourd'hui.

Les Gouvernements étrangers ont bien voulu nous continuer l'insigne faveur dont ils nous ont honorés aux précédents Congrès en déléguant à Milan les personnalités si éminentes et si distinguées que nous avons le bonheur de saluer ici. J'adresse à MM. les délégués des Gouvernements étrangers, au nom de l'Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, mes souhaits de

bienvenue et l'expression des sentiments de fierté que nous éprouvons du choix fait de leurs personnalités par leurs Gouvernements respectifs. Dans ces sentiments se confondent, unanimes, tous les membres de notre Association et tous ceux qui prennent part à ce Congrès.

Et vous aussi, nos chers Collègues et Amis de l'Union Internationale, c'est avec joie que je vous retrouve sur cette terre italienne et je vous remercie d'être venus si nombreux après avoir répondu avec autant d'empressement aux questionnaires dressés en vue des discussions qui vont s'ouvrir. Vous avez, il est vrai, donné lourde besogne à nos vaillants rapporteurs. Ceux-ci ont mis à accomplir leur tâche une application, un dévouement et un talent auxquels je tiens à rendre un éclatant hommage.

Ils ont bien mérité de l'Union Internationale ; je les remercie cordialement au nom de nous tous et je les prie de bien vouloir agréer l'hommage de vive reconnaissance dont je suis heureux de leur donner ce témoignage public.

A vous, les anciens, les compagnons de nos assemblées précédentes, j'exprime combien l'Union Internationale est heureuse de votre fidélité.

A vous, chers Collègues nouveaux, j'adresse tous les vœux d'une cordiale bienvenue dans ce confraternel milieu, où s'élaborent, au profit de tous, les questions d'ordres si variés qui intéressent notre industrie.

Celle-ci prend d'année en année une importance plus grande, une place plus considérable dans les domaines économique et scientifique. Il appartient à vous tous et à chacun de vous, de l'élever toujours davantage. C'est, Messieurs, la tâche à laquelle l'Union Internationale s'applique : c'est aussi celle à laquelle je vous convie.

Si Son Excellence Monsieur le Sous-Secrétaire d'Etat Dari veut bien nous faire l'honneur de présider cette première séance, je le prierai de vouloir bien prendre ce fauteuil. (*Applaudissements prolongés.*)

*S. E. M. Dari prend place dans le fauteuil présidentiel.*

**M. le Sous-Secrétaire d'Etat Excellence Dari.** — Messieurs. Notre Ministre des Travaux publics, S. E. M. Gianturco, étant empêché d'assister lui-même, comme il l'aurait voulu, à la séance d'ouverture du Congrès de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, m'a chargé de présenter à cette superbe assemblée, composée de si nombreux délégués des Gouvernements étrangers et de techniciens éminents, les souhaits de bienvenue du Gouvernement italien. C'est non sans un sentiment de plaisir et de fierté que je remplis ici la très flatteuse tâche qui m'a été confiée.

Il y a quelques mois à peine qu'une des barrières des Alpes est franchie, qu'une nouvelle voie importante de communication est ouverte, et vous vous empressez de nous tendre la main en choisissant pour siège d'un congrès aussi important que le vôtre, cette ville que votre honorable Président a dénommée la capitale industrielle et économique de l'Italie, Milan qui, certes, est toujours à l'avant-garde de toute initiative laborieuse et civilisatrice, et qui, dans notre tournoi international, saura représenter dignement notre pays.

C'est pour l'Italie un grand honneur que de voir réunie dans les murs d'une de ses villes, une si remarquable association composée d'ingénieurs éminents qui, animés des mêmes sentiments, travaillent d'accord au développement social et économique de leurs pays respectifs et aussi à la confraternité des peuples.

Aussi est-ce avec un vif intérêt que le Ministre des Travaux publics suivra vos travaux et appréciera les solutions que vous apporterez aux intéressantes questions portées à l'ordre du jour de votre Congrès.

C'est pour ce motif aussi que les Chemins de fer de l'Etat italien, — ma présence ici et celle de nos fonctionnaires l'attestent d'ailleurs à toute évidence. — ne sont pas jaloux de vos travaux et ne craignent pas votre concurrence : les chemins de fer des lignes principales ne peuvent en effet regarder avec méfiance, le développement des chemins de fer d'intérêt local, développement dont tous nous pouvons nous montrer si fiers. Tels les grands navires, qui sillonnent aujourd'hui nos mers, ne peuvent redouter le développement des ports, but de leur voyage, ni celui du petit cabotage, de la navigation intérieure et côtière.

Votre Union Internationale a une noble tâche : n'est-elle pas là pour donner la force et la vigueur aux cellules de l'organisme social, au moyen d'un important réseau de multiples veines, sans le précieux secours duquel le but des artères principales serait stérile. Et ces dernières aussi, pour que leur action pénètre mieux dans les tissus les plus retirés et les plus cachés, ont besoin de se subdiviser et de se développer en une myriade de vaisseaux capillaires qui, exportant les produits superflus et restituant les produits nécessaires à la reproduction, continue à donner ainsi une vigueur uniforme au corps entier.

Un dernier mot pour finir, Messieurs. L'Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local a la haute fortune de resserrer autour d'elle de nombreuses énergies, des citoyens éminents de tous les pays. Tous, vous êtes naturellement et également dévoués à votre patrie comme aussi aux Chefs d'Etat qui les régissent et dont la haute et éclairée protection aide chaque branche de l'industrie et du travail. Aussi, je crois être l'interprète sûr et fidèle de vos sentiments en envoyant, avant d'ouvrir nos travaux, aux Chefs des Etats représentés ici, un salut respectueux, un vœu fervent de prospérité, un hommage dévoué et reconnaissant.

Permettez-moi encore de songer en première ligne à notre Auguste Souverain, qui, aux saines et vigoureuses initiatives de son peuple, associe toujours sa foi juvénile, sa forte intelligence et son noble cœur. (*Applaudissements prolongés.*)

**M. Gavazzi**, Assesseur de la Municipalité de Milan. — Messieurs. J'ai l'honneur de vous souhaiter la bienvenue au nom de la Ville de Milan et au nom du maire empêché, à son grand regret, de pouvoir assister à l'ouverture du Congrès.

C'est avec un sentiment de haute satisfaction que je vois un Congrès si important que celui des Tramways et des Chemins de fer d'intérêt local se réunir cette année dans nos murs. Je tiens aussi à exprimer, au nom de la Ville de Milan, nos sentiments de vive reconnaissance à M. le Ministre des Travaux publics, qui a bien voulu se faire représenter au Congrès par son Sous-Secrétaire d'Etat, Excellence Dari, et à M. le Président de l'Union Internationale, qui a choisi notre ville de Milan comme lieu de réunion du Congrès.

Lors du quatrième Congrès de l'Union internationale, réuni en 1899, dans cette même ville de Milan, au banquet offert aux membres de l'Association par les Sociétés locales de tramways, feu le Syndic Gaetano Negri considérait comme une des causes du développement de notre ville, le réseau des tramways urbains alors existant et les nombreuses lignes de tramways à vapeur qui rayonnaient autour de la ville.

Milan est heureux de pouvoir constater, après une période de 17 années, que cet état de choses s'est considérablement amélioré. Grâce au contrat très bien compris que la Municipalité a passé en 1895 avec la Société Générale Edison, le réseau des tramways urbains s'est considérablement agrandi, ne se laissant jamais devancer par l'augmentation encore plus rapide de sa vie économique ; tout au contraire, les Tramways de Milan ont prévenu ce mouvement ascensionnel et, par leur tarif simple et réduit, ont fortement contribué à l'activité commerciale et industrielle de

notre cité, tout en devenant une source considérable de revenus pour le budget communal.

Le réseau des Tramways municipaux de Milan comporte aujourd'hui plus de 117 km. de voie; le parc des voitures comprend 345 motrices et 163 remorquées, dépassant ainsi dans une très large mesure les chiffres prévus à l'origine dans le contrat, soit 144 motrices et 30 remorquées.

L'augmentation du nombre des voyageurs transportés a été plus sensible encore, surtout depuis l'abandon de la traction animale. Grâce à l'amélioration continuelle du service, d'un tarif réduit et du développement économique de la ville, le nombre de voyageurs s'est accru de 25.564.000 en 1887 pour atteindre 94.384.000 à la fin de 1905; ce chiffre a donc presque quadruplé; le nombre de voyageurs par an et par tête d'habitant s'est élevé de 68 à 176, soit donc une augmentation de près du triple; en ce qui concerne le nombre de voitures-kilomètre, celui-ci a passé de 4.547.000 à 17.683.000.

Si je me suis permis de vous citer ces quelques chiffres qui, je n'en doute pas, vous auront intéressés, c'était pour vous montrer que la ville de Milan n'est pas restée en arrière dans le développement économique qui, depuis une trentaine d'années, a pu s'observer dans toutes les nations: rapidement, elle s'élève au niveau qui lui est destiné tant par sa position géographique que par l'énergie de sa population. Dans son mouvement ascensionnel, elle a largement profité de la bienveillance et de la sympathie des nations voisines; elle avait deviné le développement économique qui devait succéder au développement politique, lequel nous a portés à l'unification de la Patrie.

Milan n'oubliera jamais l'aide dont elle fut pendant de longues années l'objet et c'est non seulement avec sympathie et reconnaissance qu'elle accueille votre Congrès international, mais aussi avec fierté.

C'est avec le plus vif intérêt que la Municipalité suivra les importantes questions qui feront l'objet de vos délibérations: les décisions que vous prendrez et les avis que vous formulerez marqueront, grâce à la compétence de leurs auteurs, une étape importante dans la voie du progrès. Tous, nous sommes convaincus de l'importance pratique, pour l'exploitation des tramways urbains, de vos délibérations, notamment en ce qui concerne la question des freins et celle relative aux moyens à employer pour réduire la consommation du courant sur les voitures.

Je terminerai en exprimant ici le vœu que par l'influence puissante de votre activité, de votre intelligence et de vos efforts réunis, les réseaux de tramways dans leur voie ascensionnelle continuent à contribuer toujours davantage à l'amélioration de la vie sociale. (*Applaudissements prolongés.*)

**M. le Président.** — La première question portée à l'ordre du jour de cette séance est relative aux **Progrès de la traction électrique sur les lignes de chemins de fer d'intérêt local**. M. Eric Gérard, Professeur à l'Université de Liège et Directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore, avait été prié de présenter un rapport sur cette intéressante question. Malheureusement, il a été empêché, au dernier moment, d'être présent à Milan. M. Ch. Thonet, Directeur Général de la Société d'Entreprise Générale, à Liège, a bien voulu se charger de présenter au Congrès l'étude qu'avait préparée M. le Professeur Gérard.

Je lui donne la parole.

**M. Thonet** (Liège). — Je remercie tout d'abord le Comité de Direction de l'Union Internationale de l'honneur qu'elle m'a fait, en me chargeant de présenter à ce Congrès l'étude de mon ami le Professeur Eric Gérard, concernant la traction électrique sur les lignes de chemins de fer d'intérêt local. J'ai accepté cette tâche avec d'autant plus d'empressement pour le Congrès de Milan, que cette

ville me rappelle les nombreuses années de ma vie professionnelle que j'y ai passées en qualité de Directeur de chemins de fer et de tramways.

Malheureusement, j'ai été chargé de cette mission un peu tardivement ; c'est pour ce motif que, après vous avoir donné lecture de la note de M. Gérard, je ne pourrai que me limiter surtout à examiner les conditions économiques de l'application de la traction électrique sur les lignes d'intérêt local, côté de la question qu'il faut envisager tout particulièrement dans l'étude du problème.

Voici, dans son intégrité, la note de M. Gérard :

« Les résultats remarquables donnés par l'électricité dans l'exploitation des tramways urbains, a conduit à étendre l'utilisation de cet agent aux lignes secondaires et à étudier son application au service des grands chemins de fer. Cette dernière avance lentement, car les difficultés principales qu'elle doit vaincre, ne sont pas d'ordre technique. Par contre, les lignes secondaires, équipées électriquement avec succès, sont nombreuses et l'on peut prévoir la généralisation rapide de ce mode de traction, dans les installations de l'espèce. »

« L'examen des exemples existants montre une grande variété de solutions : le courant continu, les courants polyphasés, les courants alternatifs simples et leurs combinaisons ont été mis en œuvre. Cette richesse de moyens déconcerte les non-initiés ; aucun de ces systèmes ne présente une supériorité absolue ; chaque cas particulier doit faire l'objet d'une étude spéciale. »

« Il est donc intéressant de passer en revue les combinaisons réalisées, en faisant ressortir leurs qualités et leurs défauts. »

« Nous rappellerons d'abord les propriétés des différentes espèces d'électromoteurs convenant à la traction ; nous signalerons ensuite l'adaptation des différents genres de courant au transport et à la distribution de l'énergie ; nous montrerons enfin de quelle manière on a cherché à tirer le meilleur parti des éléments en présence. »

« *Electromoteurs.* — Les moteurs électriques utilisés pour l'application en vue, sont les moteurs à courant continu, excités en série, les moteurs polyphasés asynchrones et les moteurs à courants alternatifs simples à répulsion ou en série. »

« Le moteur à courant continu, excité en série, est remarquablement doué pour la traction des véhicules. »

« Il procure un couple de démarrage puissant, sans absorption d'un courant exagéré. Il est peu sensible aux variations de la différence du potentiel de service. Il a une tendance à l'auto-régulation de la puissance absorbée, en ralentissant sur les rampes et en accélérant dans les descentes. Il se prête aisément au réglage de la vitesse par l'insertion de résistances en série avec l'induit ou en dérivation avec l'inducteur. Par l'association de plusieurs moteurs en tension ou en parallèle, il est possible de réduire la puissance absorbée dans les rhéostats et d'obtenir économiquement des allures de régime bien différentes. L'intervention du courant dans l'armature, réalise simplement le changement du sens de marche et un freinage énergique. Le fonctionnement du collecteur est très satisfaisant avec des balais en charbon calés à demeure. »

« A côté de cette grande souplesse qui a amené son emploi presque général sur les réseaux de tramways, le moteur à courant continu présente l'inconvénient grave, quand il s'agit de lignes étendues, de ne pas admettre une tension d'alimentateurs élevée. Il est difficile de construire de telles machines pour des voltages dépassant 750 volts. »

« Le moteur polyphasé asynchrone offre moins d'élasticité pour le démarrage, que le moteur à courant continu en série. Son couple moteur est aussi plus fortement affecté par la chute de la tension d'alimentation. Son rendement est de même ordre que celui du moteur à courant continu, mais son facteur de puissance, très inférieur

à l'unité aux faibles charges, accroît les pertes par effet Joule dans l'ensemble de l'installation électrique, dont il réduit la puissance spécifique. La vitesse de régime reste sensiblement la même à toutes les charges; si cette propriété est favorable à l'observation des horaires de service, elle amplifie la demande de courant dans les montées. Les changements de vitesse s'obtiennent par l'insertion de résistance dans le rotor, procédé peu économique, dont on atténue les inconvénients par des groupements en cascade et en parallèle de plusieurs machines, ou par la modification du nombre de pôles inducteurs, obtenue par des groupements convenables des bobines du stator. Les contrôleurs sont plus compliqués que dans le cas du courant continu, puisqu'ils doivent agir sur des phases multiples. Le renversement du sens de marche, par modification des connexions entre le stator et les fils d'amenée des courants, ainsi que le freinage électrique, n'offrent aucune difficulté. La récupération dans le réseau de distribution de la force vive des véhicules descendant de longues pentes, est possible. Il n'y a pas de collecteur divisé, ce qui est un avantage au point de vue de l'entretien, mais par contre un inconvénient grave résulte de la nécessité d'un entrefer exigü, difficile à maintenir par suite de l'usure des coussinets. »

« Le défaut le plus sérieux est la nécessité d'au moins deux fils de prise de courant; il trouve une atténuation dans le fait d'admettre l'alimentation directe sous de hautes tensions et de pouvoir bénéficier des propriétés précieuses des transformateurs statiques. »

« Les moteurs à courant alternatif simple permettent d'ajouter à ces dernières qualités, l'avantage du conducteur de prise de courant unique. Les deux types utilisables pour la traction sont les moteurs à répulsion et les moteurs en série, auxquels on adjoint éventuellement des compensations diverses. »

« Ces machines sont plus lourdes que les moteurs polyphasés de même puissance et s'accommodent moins bien des fréquences usuelles élevées. Le fonctionnement des collecteurs divisés qu'elles comportent, n'est pas toujours aussi satisfaisant que dans les moteurs à courant continu, et le rendement est un peu moindre. Par contre, l'emploi des transformateurs ordinaires ou d'autotransformateurs à coefficient de réduction variable fournit, pour le réglage du couple de la vitesse, un meilleur rendement que les rhéostats. »

« Le moteur monophasé à répulsion est sensiblement équivalent au moteur polyphasé asynchrone en ce qui concerne le couple, la vitesse, le facteur de puissance, le freinage et la récupération. Il demande comme lui un entrefer exigü. Le sens de rotation s'invertit quand on change convenablement le calage des balais, mais avec un bobinage inducteur double, on atteint le même résultat en permutant les extrémités d'un des enroulements, les balais demeurant fixés. L'organe mobile fonctionne toujours à bas voltage. Le moteur à répulsion tolère le mieux les fréquences élevées: on adopte souvent 40 périodes par seconde. »

« Le moteur monophasé en série se rapproche davantage du moteur à courant continu en série: il a une caractéristique mécanique semblable. En vue d'améliorer son facteur de puissance, on conseille d'abaisser la fréquence à 25 et même à 15 périodes par seconde. Il existe cependant des machines fonctionnant bien avec 40 périodes par seconde. Quand les circuits de l'inducteur et de l'induit sont reliés directement en série, la différence de potentiel aux bornes doit être modérée pour l'obtention d'une bonne commutation, qu'on favorise d'ailleurs par un dispositif compensateur et des frotteurs en charbon de qualité convenable. En choisissant 250 volts, 2 moteurs en tension peuvent être desservis par une différence de potentiel continue de 500 volts, ce qui est quelquefois utile pour la pénétration des véhicules des lignes secondaires sur les réseaux urbains. »

« Si l'on alimente l'induit par le secondaire d'un transformateur réducteur, dont le primaire est en série avec l'inducteur, l'utilisation directe de hauts voltages pour ce dernier devient possible. Certaines variantes du moteur monophasé en série n'ex-



cluent pas la récupération. Le freinage électrique est aisé avec toutes. D'une manière générale, le moteur en série est plus léger et moins encombrant que le moteur à répulsion. »

« Afin de tirer le plus avantageusement parti des qualités distinctives des deux types de moteurs monophasés à collecteur, M. Leblanc a suggéré l'emploi d'un commutateur, permettant le fonctionnement en série pour le démarrage et en répulsion une fois le régime établi. »

« *Transmission de l'énergie électrique* — L'obligation de restreindre la tension aux moteurs et l'absence d'un appareil simple de réduction du voltage, comparable au transformateur statique à courants alternatifs, mettent le courant continu en infériorité pour l'exploitation de lignes de traction étendues. »

« Les distributions à deux ponts, permettant de maintenir constamment plusieurs moteurs en série, donnent, dans une certaine mesure, le moyen d'accroître le voltage de service, mais elles entraînent la complication d'au moins deux conducteurs de prise de courant en dehors des rails de roulement. On est, du reste, loin de pouvoir atteindre ainsi les différences de potentiel considérables que les courants alternatifs rendent pratiques et les fortes intensités de courant qui s'ensuivent, conduisent à des frais d'installation et d'exploitation des lignes rapidement prohibitifs. Il est intéressant de rappeler à ce propos que la même puissance électrique peut être transmise avec le même rendement par des conducteurs de même section à une distance cent fois plus grande sous une tension de 6.000 volts, que sous 600 volts; la région desservie comporte donc une surface 10.000 fois plus étendue dans la première hypothèse. »

« Signalons, aussi, pour mémoire, les actions électrolytiques corrosives que détermine le retour du courant continu par les rails. »

« Avec les courants polyphasés, l'objection de la limitation de la différence de potentiel à une valeur réduite, tombe, mais l'inconvénient du double conducteur de prise de courant, qui multiplie les accessoires de pose et complique notablement les croisements et aiguillages, subsiste. Le courant alternatif simple élimine encore ce dernier défaut, et l'emporte ainsi au point de vue des canalisations. S'il ne produit pas d'effets électrolytiques comme le courant continu, il donne lieu, de même que les courants polyphasés, à une chute de tension plus grande dans les rails, dont la réactance n'est pas négligeable et expose à des perturbations plus accentuées dans les circuits téléphoniques et télégraphiques fermés par la terre. On peut, il est vrai, unifier au besoin le potentiel des rails en introduisant dans le retour, les forces électromotrices secondaires de transformateurs dévolteurs, dont les bobines primaires sont activées par le courant de travail. »

*Modes d'application des divers genres de courants.*— « Les nombreux systèmes de traction par l'électricité sur les lignes secondaires, peuvent être classés d'après la nature des courants reçus par les moteurs et des courants émis par l'usine génératrice, de la manière suivante, qui rappelle la succession chronologique des combinaisons typiques. »

*Courants utilisés :*

Dans les moteurs	Pour le transport de l'énergie
Continu . . . . .	Continu
Continu . . . . .	Polyphasés
Polyphasés . . . . .	
Alternatif simple . . . . .	Alternatif simple
Continu . . . . .	

« Dans le premier cas, il est fait exclusivement usage de courant continu. On a vu plus haut, que le moteur à courant continu est celui dont les propriétés s'adaptent

le mieux aux exigences d'un service de traction, encore que le réglage par rhéostat devienne onéreux quand les démarrages et changement d'allure sont fréquents; mais avec une tension de 600 à 750 volts, il n'est guère possible de desservir les véhicules à plus de quelques kilomètres de l'usine génératrice. Le système qui s'est généralisé sur les réseaux urbains de tramways, est rarement applicable sous sa forme simple aux lignes secondaires qui s'éloignent davantage de leur source d'énergie. »

« En passant par la complication de deux conducteurs de prise de courant, pour réaliser une distribution en dérivation à trois fils, où les rails jouent le rôle de conducteur neutre, on a pu étendre le rayon d'action. C'est ainsi qu'à Chapareillan, dans l'Isère, les moteurs sont maintenus par deux en série et les groupes alimentés sous 1.200 volts. Pour le chemin de fer de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure, on a adopté des locomotives à 4 moteurs en tension, le milieu de la série étant en communication avec les rails, et porté la différence de potentiel entre les deux fils de trolley à 2.400 volts. Il serait difficile d'aller plus loin dans cette voie. Aussi, le courant continu seul n'a-t-il pas été étendu aux longues lignes. Dans ce dernier cas, on ne l'a employé que pour alimenter les moteurs en recourant aux courants alternatifs pour le transport de l'énergie électrique. L'usine génératrice produit alors généralement des courant triphasés, qui sont les plus avantageux au point de vue de la réduction du poids du cuivre dans les canalisations. Ces courants sont transmis sous des tensions qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de milliers de volts, à des sous-stations échelonnées le long de la voie ferrée, où ils sont transformés en courant continu à l'aide de transformateurs statiques et de commutatrices ou de moteurs-générateurs. Chaque sous-station alimente par des feeders la ligne de prise de courant. »

« Cet arrangement, qui a reçu de multiples applications, entre autres sur les lignes métropolitaines, entraîne de grands frais de premier établissement et d'exploitation. Les nombreuses sous-stations sont chères à installer et à surveiller. A moins d'un trafic intense et continu, elles fonctionnent le plus souvent à faible charge dans de mauvaises conditions de rendement. Le réseau à courant continu de tension réduite est coûteux, et donne lieu, ainsi que les rhéostats de réglage des moteurs, à des pertes par effet Joule notables. »

« Les sous-stations disparaissent ou sont réduites à de simples postes de transformateurs statiques, dont le rendement est meilleur et la surveillance quasi nulle, par l'emploi de moteurs de traction polyphasés. Ceux-ci peuvent être construits pour des différences de potentiel de plusieurs milliers de volts. Les moteurs du chemin de fer de la Valteline (Italie) reçoivent des courants triphasés à 3.000 volts de deux fils de trolley de 8 millimètres de diamètre et des rails de roulement reliés aux secondaires de transformateurs répartis le long de la voie et dont les primaires sont alimentés à 2.000 volts par l'usine génératrice. Dans les essais de Zossen, on a poussé la tension aux bornes des moteurs jusque 10.000 volts. »

« Indépendamment de la nécessité du double fil de prise de courant, qui suscite des difficultés de pose et d'isolement d'autant plus grandes que le voltage est plus élevé, on invoque contre la solution considérée, l'adaptation moins parfaite des propriétés des moteurs à champs tournants aux exigences de la traction. L'expérience montre qu'il ne faut pas attribuer trop d'importance à ce dernier argument. Il existe de bons moteurs polyphasés asynchrones démarrant aisément en charge. Malgré les fluctuations plus fortes de la puissance absorbée par les véhicules, résultant de l'indépendance pratique de la vitesse et du profil de la voie, l'écart entre la charge maxima et la charge moyenne de l'usine génératrice ne semble pas sérieusement influencé. On a suggéré l'explication qu'à l'instant d'un accroissement notable de la demande de courant, un léger ralentissement des alternateurs peut mettre certains moteurs dans des conditions d'hypersynchronisme, qui leur font restituer momentanément de l'énergie à la centrale. Le fonctionnement du système paraît économique, bien que

les transformateurs travaillent souvent à faible charge à l'installation de Valteline, qui comporte 76 stations sur un trajet de 25 kilomètres; avec des courbes de 300 mètres de rayon et des rampes de 10 pour 100, on a relevé par tonne-kilomètre une dépense de 35 watts-heures seulement à la centrale. »

« L'inconvénient vraiment sérieux est le double conducteur de prise de courant, qui rend le service des gares importantes presque impossible et est tout à fait impraticable avec les tensions de distribution excédant une quinzaine de milliers de volts. »

« De là les efforts persévérants appliqués de tous côtés à la mise au point de la traction par courant alternatif simple. La question la plus délicate est la commutation qu'on améliore par divers artifices de construction, ainsi qu'en réduisant la fréquence et la tension d'alimentation des moteurs. Grâce à l'adjonction de transformateurs statiques sur les véhicules, on peut néanmoins porter le fil de prise de courant à un potentiel élevé. »

« Déjà les installations exécutées sont en grand nombre. Parmi les plus récentes, citons le chemin de fer électrique de l'Exposition de Milan, dont le fil de trolley et le rail sont maintenus à une différence de potentiel de 2.000 volts avec 15 périodes par seconde. Le voltage est abaissé sur les trains à 360 volts pour l'alimentation de 6 moteurs Finzi du type en série de 30 chevaux, construits pour 120 volts et groupés d'une façon permanente par trois en tension. Les quatre voitures d'un train sont motrices : la première et la dernière sont pourvues de deux machines ; les autres n'en portent qu'une. Le fractionnement des enroulements secondaires des réducteurs fournit un moyen économique de réglage de la vitesse. »

« Dans les installations de la Compagnie Westinghouse, la fréquence est de 25 périodes par seconde et le courant est fourni aux moteurs à la tension de 250 volts par les secondaires des transformateurs roulants, dont les primaires captent l'énergie électrique sur le fil de trolley à 3.000 ou 6.000 volts. La première de ces deux valeurs permet de rayonner jusqu'à une vingtaine de kilomètres autour de l'usine génératrice ; la seconde étend le rayon d'action à une soixante de kilomètres. Quand les distances sont supérieures, la centrale alimente à 15.000 ou 30.000 volts des postes de transformateurs fixes échelonnés le long de la voie ferrée et réduisent le potentiel à 3.000 ou 6.000 volts pour le conducteur de prise de courant. »

« En Suède, se poursuivent actuellement des essais très intéressants de traction monophasée sur les chemins de fer. Le programme détaillant la portée du concours fait bien ressortir toutes les questions importantes que le problème soulève. En voici la substance :

#### A) Centrale.

1° Protection des alternateurs et transformateurs contre les surtensions et les courts-circuits.

2° Réglage de la tension.

#### B) Lignes.

1° Fixation du fil de prise de courant.

2° Protection contre la chute des fils à haute tension.

3° Croisement et aiguillage.

4° Sectionnement du fil de prise de courant.

5° Indépendance du fil de prise de courant et des rails. Isolement de l'installation.

6° Courants vagabonds ; réduction des dangers et dommages auxquels ils exposent.

7° Influences électrolytiques, télégraphiques et téléphoniques ; remèdes contre les perturbations.

C) *Matériel roulant.*

- 1° Propriété des moteurs.
- 2° Mise en marche et réglage de l'allure.
- 3° Captation du courant.
- 4° Résistance à la traction et consommation d'énergie.
- 5° Freinage électrique.
- 6° Chauffage électrique.
- 7° Eclairage électrique.
- 8° Signaux d'alarme.
- 9° Protection des voyageurs et du personnel contre les dangers de la haute tension. »

« Pour ces expériences, dans lesquelles la différence du potentiel entre le fil de prise de courant et les rails doit être portée à 20.000 volts, trois firmes se sont présentées :

La Cie Westinghouse avec une locomotive de 25 tonnes, munie de 2 moteurs de 150 chevaux; la Société Siemens-Schuckert, avec une locomotive de 36 tonnes pourvue de trois moteurs de 110 chevaux, et l'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft, avec des voitures automotrices actionnées par deux moteurs Winter-Eichberger de 120 chevaux, dont les stators sont soumis à la haute tension. Les essais seront terminés et les conclusions en seront étudiées avec intérêt dans quelques mois. »

« Plusieurs spécialistes, désireux de bénéficier malgré tout de la supériorité du moteur à courant continu pour la traction, ont été conduits à étudier la transformation en courant continu, sur les véhicules, du courant monophasé, lequel se prête le mieux à l'amenée de l'énergie électrique. Sans parler de l'emploi du redresseur Hooper-Hewitt, qui jusqu'à présent n'a pu être utilisé que pour de faibles puissances mais dont il convient de réserver l'avenir, diverses tentatives méritent mention.

« La Société Oerlikon a construit une locomotive d'essai de 500 chevaux recueillant du courant alternatif simple à 14.000 volts pour mouvoir un moteur asynchrone qui entraîne une dynamo dont le courant continu alimente les moteurs des essieux. La variation de l'excitation indépendante de la génératrice constitue un moyen de démarrage et de réglage de la vitesse très économique et d'une extrême docilité. Malgré les multiples transformations que subit l'énergie, le rendement est dit meilleur que dans une installation ordinaire à courant continu. Seulement, le matériel est lourd et encombrant. De plus, en cas de défection momentanée du courant alternatif, l'action freinante de la dynamo génératrice provoque le décrochage presque instantané de l'alternomoteur. »

« Les permutatrices Rougé et Faget ont été proposées dans le même but. »

« Le redresseur-régulateur, imaginé par Auvert et Ferrand, présente des qualités de légèreté, de souplesse et de stabilité de marche, que semblent devoir lui assurer un succès sérieux. Il permet de passer du courant alternatif au courant continu, sans qu'il soit nécessaire d'opérer la double transformation d'énergie électrique en énergie mécanique et d'énergie mécanique en énergie électrique. Il se prête au réglage de la tension continue, sans modification de la différence de potentiel alternative, par changement de calage des balais sur le collecteur. Son entraînement n'exige que la faible puissance mécanique nécessaire pour vaincre les frottements. Le ralentissement de l'organe mobile est lent en cas d'interruption accidentelle du courant d'alimentation, à cause de l'exiguité de l'effort retardateur dû simplement aux résistances passives. Un appareil d'essai paraît accuser une bonne commutation et un rendement élevé. Le dispositif admet la récupération de la force vive dans les pentes et lors des freinages. »

« Il convient de rappeler également le système de traction tangentielle imaginé par MM. Dulait, Rosenfeld et Zélénay, et qui comporte l'emploi de courants poly-

phasés dans des stators fixes échelonnés entre les rails et agissant sur des propulseurs induits placés sous les voitures. Cette combinaison, proposée par les inventeurs pour les lignes à trafic intense, attend encore un essai en grand, auquel les circonstances ne se sont pas prêtées jusqu'à présent. »

« En dehors de toutes les solutions basées sur la distribution de l'énergie électrique produite dans des usines centrales, il convient de faire allusion, pour être au complet, aux systèmes auto-moteurs pétroléo-électriques, dont on commence à se préoccuper. L'indépendance absolue qu'ils donnent aux véhicules et la suppression des grands frais d'installation occasionnés par le transport et la distribution de l'énergie électrique, font entrevoir la possibilité d'y recourir avantageusement dans des cas spéciaux. Toutefois, ils ne sont pas encore sortis de la période des tâtonnements. Aussi, suffira-t-il de signaler quelques exemples. Le train expérimenté à St-Petersbourg, dont le wagon de tête remorquant cinq voitures, porte un moteur à pétrole Germain de 35 chevaux accouplé à une dynamo Bergman développant 120 volts pour alimenter sur chaque véhicule deux moteurs de 60 volts maintenus en séries. »

« Les voitures automotrices sur rails de MM. de Dion et Bouton, qui contiennent dans une cabine, un groupe électrogène à pétrole de 20 à 50 kilowatts suivant le modèle, et sont mues par un ou deux électromoteurs. »

« L'automotrice pétroléo-électrique North Eastern Railway, dont le bogie d'avant est pourvu de deux moteurs de 55 chevaux desservis par un ensemble générateur de 55 kilowatts pouvant être démarré à l'aide d'accumulateurs électriques, et qui emporte une provision de pétrole et d'eau suffisante pour une journée. »

« Enfin, l'auto-mixte de M. Pieper dans laquelle un moteur à pétrole ainsi qu'une dynamo excitée en dérivation et raccordée à une batterie secondaire, sont reliées solidairement à l'un des essieux, la dynamo venant en aide au moteur thermique pour la propulsion de la voiture ou absorbant sa puissance disponible pour le chargement des accumulateurs suivant les circonstances. Avec cette dernière combinaison, la puissance du véhicule n'est pas limitée à celle du moteur à pétrole et celui-ci fonctionne constamment en pleine charge dans les meilleures conditions de rendement. »

« Telles sont, à grands traits, les dispositions essentielles qui s'offrent dans l'état actuel de l'Electrotechnique à l'ingénieur chargé d'élaborer un projet d'application de la traction électrique à des lignes secondaires. Il ne pourra, comme on le voit, accorder d'une manière exclusive ses préférences à l'un des systèmes, en proclamant la supériorité absolue de celui-ci sur tous les autres. Chacun d'eux présente des qualités et des défauts dont l'importance relative peut changer dans une large mesure, suivant les conditions du problème à résoudre. Nous l'avons déjà fait remarquer, mais il convient d'y insister : il importe que chaque cas particulier fasse l'objet d'une étude attentive avant d'arrêter le choix de la solution. »

« S'il est néanmoins permis de faire ressortir la tendance qui semble se faire jour, on peut dire que chez beaucoup d'électriciens s'accroît l'opinion qu'une place prépondérante sera réservée au courant alternatif simple, qui paraît devoir résoudre avec succès le plus grand nombre des lignes secondaires. »

« La question est particulièrement intéressante pour les petits pays à population dense comme la Belgique, où l'on sera peu à peu amené à étendre à presque toutes les lignes de chemins de fer le régime des trains légers et fréquents. »

Telle est, Messieurs, la note du savant professeur et ami, M. Eric Gérard.

Après un exposé aussi complet au point de vue technique de la question de la traction électrique appliquée aux lignes d'intérêt local, il ne me reste qu'à ajouter quelques considérations sur le côté économique du problème.

Les nombreuses compagnies qui exploitent des lignes de chemins de fer

d'intérêt local ou de tramways à vapeur, se posent actuellement la question de savoir si elles auraient intérêt à transformer leur réseau à l'électricité.

Deux points dans ce problème doivent être examinés : 1<sup>o</sup> Quel est le meilleur système de traction électrique à adopter ? 2<sup>o</sup> Quels seront les résultats économiques de la transformation ?

Nous avons vu, par le remarquable rapport de M. Eric Gérard, que le premier point demande une étude technique toute spéciale sur l'emploi des divers systèmes de distribution, dont aucun n'a encore dit son dernier mot. Cependant, il semblerait que l'application du courant monophasé pour la traction électrique sur les lignes suburbaines ou interprovinciales jouit davantage de la faveur des spécialistes ; de même les voitures automobiles pétroléo-électriques offrent un champ d'action considérable.

En ce qui concerne la seconde partie du problème, c'est-à-dire la détermination des résultats économiques qui résulteront de la transformation, celle-ci est d'une solution encore plus difficile dans la situation présente ; c'est ici une question d'espèce.

Lorsqu'il s'est agi de l'électrification des tramways à chevaux dans les villes, les compagnies n'ont pas hésité et se sont mises à l'œuvre, dès qu'elles eurent reçu l'accord des municipalités. L'électrification des tramways urbains présentait, en effet, des conditions très favorables : la population des villes circulant constamment dans les rues pour des nécessités professionnelles, commerciales ou familiales, est devenue de suite un client régulier du tramway électrique ; le voyageur urbain ayant apprécié les nombreux avantages offerts par le tramway électrique, a continué à l'employer même pour de petits parcours, et c'est ainsi que le renouvellement incessant des voyageurs de toute catégorie a donné aux tramways, dans certaines villes, des recettes vraiment extraordinaires.

Si l'on ajoute à ces considérations, les tarifs très bas et les billets ouvriers à prix très réduits, appliqués dans certaines villes, comme ici à Milan jusque 8 1/2 heures du matin, il est facile de comprendre pourquoi, malgré les dépenses très élevées de premier établissement, occasionnées par la transformation à l'électricité, les tramways des villes ont vu, pour la plupart, leur situation financière se modifier radicalement. Il en est même certains qui, périlissant auparavant, sont devenus des affaires financières brillantes !

Les conditions d'exploitation des tramways à vapeur ou des chemins de fer d'intérêt local sont très différentes : en effet, la traction à vapeur sur ces lignes permet aujourd'hui de donner généralement satisfaction aux intérêts du public. La population échelonnée sur les lignes n'est généralement pas très dense et est satisfaite lorsqu'elle peut avoir à sa disposition, à des heures déterminées de la journée, un certain nombre de trains répondant à ses besoins commerciaux. Il n'est pas certain qu'un plus grand nombre de trains provoquerait chez cette population une augmentation sensible du nombre de déplacements.

Un autre facteur qu'il y a lieu de prendre en considération, c'est le service des marchandises, qui, sur certaines lignes à fort trafic, doit être assuré par des trains composés de nombreux wagons, afin de rendre l'exploitation aussi économique que possible, et permettre le soir, dans toutes les stations, la distribution des wagons chargés pendant la journée.

L'exploitant doit donc pouvoir prévoir avec certitude, que l'électrification de la ligne augmentera dans de fortes proportions le nombre des voyageurs et que le service des marchandises pourra être assuré comme auparavant et même amélioré. Pour la plupart des lignes interurbaines, partant des grands centres et desservant une population dense échelonnée, il est certain que la traction électrique répondra à cette attente. Mais, outre la question du trafic, il y a celle des dépenses d'explo-

tation, dont il faut tenir compte pour apprécier les résultats économiques de la transformation.

Il est démontré que la traction électrique permet de réduire notablement les dépenses de consommation en charbon, eau, huile, etc., ainsi que celles des réparations aux moteurs. On pourra donc avec la même dépense que celle occasionnée par la traction à vapeur, faire plus de services et par conséquent développer davantage le trafic-voyageurs.

Malheureusement, nous ne possédons guère jusqu'à présent des renseignements précis sur les résultats de l'électrification des lignes de chemin de fer d'intérêt local et tramways à vapeur. Il en est de même d'ailleurs, en ce qui concerne les grands chemins de fer, dont plusieurs lignes emploient la traction électrique depuis plusieurs années.

Cependant, au Congrès international des chemins de fer à Washington en 1905, auquel j'ai eu l'occasion d'assister, les remarquables rapports de MM. Ernest Gérard, Inspecteur général des Chemins de l'Etat Belge, et Young, ingénieur électricien à la Société de Baltimore and Ohio Railway, donnent quelques renseignements sur le coût de certaines installations électriques ainsi que sur les résultats d'exploitation et financiers obtenus.

M. Ernest Gérard, cite notamment les résultats comparatifs du chemin de fer de la Mersey, dont les chiffres méritent d'être reproduits, car on ne les publie que rarement :

CHAPITRE DES DÉPENSES	2 <sup>e</sup> semestre 1902 Traction à vapeur	2 <sup>e</sup> semestre 1903 Traction électrique	1 <sup>er</sup> semestre 1904 Traction électrique
	Centimes par train-kilomètre	Centimes par train-kilomètre	Centimes par train-kilomètre
Voies et travaux . . . . .	25,24	10,36	11,59
Locomotion et production de l'énergie . . .	73,14	33,66	36,96
Trafic . . . . .	87,38	47,25	38,58
Ventilation . . . . .	22,01	1,29	0,65
Exhaure . . . . .	31,39	9,71	10,55
Totaux. . . . .	239,20	102,27	98,33

La dépense en charbon, eau, huile, déchets de coton et menus frais, ne dépasse pas 3,6 centimes par kilowatt-heure (le charbon coûtait fr. 12,50 la tonne et l'eau 13,76 centimes le mètre cube.)

M. Ernest Gérard fait observer, que ce qui coûtait 73,14 centimes lors de la traction à vapeur, est descendu à 33,66 centimes par l'électricité, résultat d'autant plus remarquable que le train électrique long de 70 m. et pesant 105 tonnes, est totalement composé de places offertes aux voyageurs tandis que le train à vapeur ne présentait qu'une longueur de 61 mètres et comprenait une locomotive de 80 tonnes pour un poids utile remorqué de 77 tonnes. Il ajoute encore que les dépenses totales d'exploitation par train-kilomètre sont tombées de fr. 2,28 à fr. 1,27, et si l'on en défalque les charges exceptionnelles, ces chiffres deviennent respectivement fr. 1,95 et fr. 1,10 par train-kilomètre.

Le Président de cette Compagnie, en signalant que la recette a augmenté de 46 %, et en se basant sur les premiers effets de l'application de la traction électrique, prévoit que cette recette, qui n'est que de fr. 1,56 par train-kilomètre augmentera encore tout en laissant stationnaires les dépenses d'exploitation.

Ces renseignements montrent qu'en Angleterre la traction électrique sur les chemins de fer fait de grands progrès et donne des résultats d'exploitation très avantageux.

Il serait cependant utile de connaître exactement si les résultats financiers de la transformation ont été aussi avantageux, car les frais de premier établissement sont très élevés, et dépassent généralement ceux d'une ligne de tramway électrique, par suite des longues canalisations et distributions à faire.

Je crois utile de reproduire à ce sujet les conclusions du rapport de M. Ernest Gérard :

« *Electrification.*— En Angleterre, sur les lignes ouvertes à l'exploitation, l'électrification est accompagnée d'une augmentation du nombre de trains et par conséquent de facilités offertes aux voyageurs. Les résultats connus donnent un accroissement immédiat du nombre de voyageurs et de la recette, une forte diminution des dépenses par train-kilomètre, une augmentation de la vitesse, une amélioration considérable du confort, surtout en tunnel et partant, un attrait ayant une sérieuse répercussion sur le mouvement en voyageurs. »

« *Automobilisme.* — En tant qu'il s'agisse de trains rares, sur une section où il n'y a pas intérêt à augmenter la fréquence, l'automobilisme permet de réaliser une économie relativement à la remorque par locomotive; l'automobilisme électrique est avantageux au point de vue de la facilité et de la souplesse du réglage, de la marche qui s'effectue très simplement et sûrement de l'une et l'autre extrémité de l'automobile sans la retourner. »

« L'expérience dira si un groupe électrogène à moteur au pétrole, vaut mieux que l'emmagasinage d'énergie par accumulateurs. »

En Allemagne, en Angleterre, en Autriche, en Belgique, en France, en Italie et en Amérique, nombreuses sont déjà les lignes suburbaines exploitées par traction électrique, mais les résultats en sont peu connus.

Il serait hautement désirable, pour le prochain Congrès de l'Union Internationale, de recueillir de la part des Sociétés exploitant des lignes de ce genre, des renseignements précis avec les chiffres sur les dépenses de premier établissement et résultats d'exploitation et financiers.

La répugnance qu'ont les sociétés à communiquer les résultats d'exploitation doit disparaître si nous voulons hâter la réalisation du problème.

En Italie notamment, où les chemins de fer d'intérêt local et les tramways à vapeur se sont développés si rapidement à partir de 1879, et ont pris une importance considérable — il y en a aujourd'hui plus de 5000 kilomètres, — l'application de la traction électrique sur certaines lignes méritera examen dans un avenir plus ou moins éloigné.

Déjà les Tramways provinciaux de Naples ont ouvert la marche et récemment on a mis à l'exploitation le réseau des Tramways interurbains de Rome aux Châteaux Romains (Castelli Romani), dû à l'initiative de la Compagnie Thomson-Houston de la Méditerranée et à celle de la Société d'Entreprise Générale de Travaux de Liège.

Ce réseau comporte 35 kilomètres de voies et dessert les villes de Frascati, Grottaferrata, Marino, Albano et Genzano. Le courant alternatif triphasé est fourni par la chute d'eau de Tivoli à 10.000 volts, et diverses sous-stations le transforment en courant continu.

La mise en service trop récente ne permet pas encore de donner des renseignements sur les résultats financiers de l'entreprise. Cependant, la Société est très satisfaite des premiers mois de l'exploitation et estime que la traction à vapeur n'aurait pu donner les résultats obtenus, vu le profil accidenté des lignes et la nécessité d'offrir aux nombreux voyageurs et touristes, les commodités de départs fréquents.



Pour terminer ces considérations générales, je reproduirai les conclusions de M. Paul Dubois, Ingénieur de la Cie des Chemins de fer Paris-Orléans, chargé du rapport sur la traction électrique en France, au Congrès des Chemins de fer de Washington en 1905 :

« En résumé, la traction électrique nous semble devoir être envisagée actuellement comme un auxiliaire utile de la traction à vapeur, capable d'assurer certaines portions du trafic des chemins de fer, avec avantage et économie. Les principaux cas dans lesquels son adoption paraît être à considérer dès maintenant sont : d'abord les lignes en majeure partie souterraines, ensuite les métropolitains, les lignes de banlieue et les lignes interurbaines de longueur restreinte et à fort trafic, les chemins de fer à fortes rampes, et les lignes dont la limite de capacité est atteinte. Il est impossible d'indiquer d'une façon plus précise dans un exposé général les exploitations qui peuvent se prêter à l'emploi de l'électricité : c'est essentiellement une question d'espèce, chaque cas particulier nécessitant une étude spéciale. Il faut, bien entendu, faire entrer en compte dans cette étude la dépense de l'équipement électrique, dont les principaux facteurs sont d'abord les conditions d'exploitation, fréquence et poids des trains, puis les conditions d'établissement de la ligne, longueur, profil, tracé, et rapprocher ensuite les charges d'intérêt et d'amortissement correspondantes, de l'économie que procurerait la traction électrique par rapport à la traction à vapeur. »

« S'il s'agit d'une ligne nouvelle, l'adoption de la traction électrique peut, dans certains cas, conduire à des économies d'établissement, tandis que, pour les lignes existantes, il y a lieu de considérer la valeur du matériel rendu inutile par l'introduction de l'électricité et qu'il faudra amortir. »

« Parmi les conditions favorables à la traction électrique se trouve naturellement la proximité des forces motrices hydrauliques facilement aménageables ou d'autres sources d'énergie à bon marché, telles que les houillères, hauts fourneaux, etc. »

« Dans la comparaison des frais de traction, on portera à l'actif de l'électricité, outre l'économie éventuelle réalisée sur les dépenses de production de l'énergie, la diminution de poids mort résultant du poids plus faible des locomoteurs électriques, la réduction des frais de conduite et d'entretien, ainsi que les économies accessoires susceptibles d'être effectuées sur les manœuvres des gares, l'éclairage des stations et des trains, etc. »

« Enfin, il faut aussi faire état, le cas échéant, des augmentations de recettes, auxquelles l'amélioration du service pourra donner lieu. »

« Dans tous les cas, le problème se réduit, en fin de compte, à une estimation financière et économique. »

Ces conclusions, très judicieuses, ont été en partie approuvées par le Congrès international des chemins de fer de 1905, à Washington, et d'accord avec M. Ernest Gérard, nous y avons fait ajouter :

« Enfin, le Congrès estime qu'il serait très utile à l'avenir d'avoir des détails précis sur le prix de revient de la traction électrique. »

Nous sommes d'avis qu'il y aurait également lieu pour notre Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, d'adopter un vœu dans le même sens. Nous insisterons même pour que l'on exprime le désir de voir ces renseignements fournis pour la prochaine session, car la question est d'une réalisation plus immédiate pour les lignes suburbaines et interurbaines de tramways et de chemins de fer d'intérêt local. (*Applaudissements prolongés.*)

**M. le Président.** — Je crois me faire l'interprète de l'Assemblée en votant de chaleureux remerciements à M. le Professeur Gérard, pour la brillante étude qu'il a

faite sur cette question si intéressante des progrès de la traction électrique. Nos remerciements s'adressent également à M. Thonet, qui a si brillamment présenté et commenté l'étude de M. Gérard. (*Applaudissements.*)

M. Thonet demande à la fin de sa communication que la question qui vient d'être traitée soit maintenue à l'ordre du jour du prochain Congrès. (*Marques d'approbation.*)

Personne ne s'y opposant, la motion de M. Thonet est en conséquence adoptée.

Nous passons au second point de l'ordre du jour : **Importance économique des usines génératrices et des moteurs à gaz pauvre dans les installations de tramways et de chemins de fer d'intérêt local (I).**

La parole est à M. E.-A. Ziffer, Président du Conseil d'administration des Chemins de fer d'intérêt local de la Bukowine.

**M. E.-A. Ziffer (Vienne).** — Messieurs. L'importance économique des usines génératrices et des moteurs à gaz pauvre présente, dans les installations de tramways et de chemins de fer d'intérêt local, une grande portée : comparée aux machines à vapeur, ce récent mode de production de l'énergie comporte de nombreux avantages et permet de réaliser des économies d'exploitation considérables ; elle mérite, en conséquence, d'attirer toute notre attention.

C'est pour ce motif que j'ai cru devoir élaborer la petite note qui se trouve entre vos mains. Je me suis contenté de vous renseigner les ouvrages spéciaux et les articles de revues traitant la question, sans m'arrêter ni à la construction et aux détails d'exécution de ces machines, ni aux phénomènes chimiques et mécaniques que l'on peut remarquer depuis la naissance du gaz dans le générateur, jusque la production de l'énergie dans le moteur.

Le générateur à gaz pauvre combiné à un moteur à gaz, remplace la chaudière à vapeur dans laquelle le combustible est complètement brûlé, tandis que dans le générateur à gaz, le combustible est simplement gazéifié, la combustion complète ne s'effectuant que dans le cylindre du moteur.

Les générateurs à gaz permettent l'emploi de combustibles de moindre valeur, c'est-à-dire pauvres en gaz : ce sont surtout les combustibles non bitumineux qui sont le plus généralement employés, tels que anthracite, coke des usines à gaz et des hauts fourneaux, poussières de coke, charbon de terre, agglomérés, lignite, briquettes de lignite, charbon de bois, tourbe, dépôts de chambres à fumée, tan, tourteaux d'huilerie, sciures et copeaux de bois, etc.

On distingue les gazogènes à pression, les gazogènes à aspiration et enfin les gazogènes à pression et aspiration combinées. Tous ces gazogènes présentent l'avantage de ne réclamer que des dépenses de première installation peu élevées ; de plus, ils occupent peu de place, marchent sans bruit, ne répandent ni fumée, ni mauvaises odeurs, ne sont pas soumis aux vérifications périodiques, ni aux essais officiels prescrits par les autorités pour les chaudières à vapeur ; leur réglage est facile et le danger nul.

Les premières installations à gaz datent de 1879 ; on employait alors presque exclusivement le gaz d'éclairage. Ce ne fut cependant qu'après les brillants résultats reconnus à l'Exposition de Paris en 1900, que les moteurs à gaz prirent surtout de l'extension. Plusieurs exploitations de tramways choisirent ce mode de production de l'énergie ; j'ai indiqué ces exploitations à la fin de mon rapport.

Le gaz de gazogène normal, tel qu'il est engendré aujourd'hui par les installations modernes, est composé d'acide carbonique, d'oxyde de carbone, d'hydrogène, d'azotes et d'hydrocarbures ; la composition volumétrique varie dans

certaines limites, suivant la qualité du combustible. Celui-ci, selon la qualité, donne par kilogramme de 4,5 à 5 m<sup>3</sup> d'un gaz de 11.000 à 13.000 calories par mètre cube; le rendement du bon combustible dans les bons gazogènes est en moyenne de 80 %; comparés aux meilleures machines à vapeur, les gazogènes de construction moderne réduisent les dépenses d'exploitation d'environ 40 %.

Depuis quelques années, l'on rencontre aussi des locomobiles à gaz pauvre. Une description de ces nouvelles locomobiles a été donnée récemment par le *Zeitschrift für Dampfkessel und Maschinenbau* dans son numéro du 6 juin dernier.

Parmi les moteurs à combustion, il faut également comprendre le moteur Diesel qui permet l'emploi de combustibles liquides de moindre valeur, tels que naphte brut, résidus de pétrole, alcool. Le moteur Diesel serait, paraît-il, supérieur à toutes les machines thermiques au point de vue économique de la transformation de l'énergie calorifique du combustible brut en travail mécanique: les dépenses en combustible par cheval-vapeur utile ne seraient que de 2,4 centimes l'heure.

Les installations à gaz pauvre donnent aujourd'hui, à côté du moteur Diesel, le mode de production d'énergie incontestablement le moins coûteux. Par leur perfection et leur construction bien comprise, leurs applications deviennent aujourd'hui de plus en plus nombreuses. Aussi, les installations à gaz pauvre méritent-elles une attention toute spéciale de la part des entreprises de tramways et de chemins de fer d'intérêt local, au point de vue de leur utilisation dans les installations de transport en commun.

Je terminerai cette courte communication en faisant des vœux pour que les quelques idées que j'ai cru devoir émettre sur l'utilisation du gaz pauvre, tombent en terrain fertile.

**M. le Président.** — Je ne crois pas que le rapport de M. Ziffer, qui présente le caractère d'une simple communication, doive être soumis à discussion. (*Appro-  
bation.*)

Je me fais l'interprète de toute l'assemblée en présentant nos plus chaleureux remerciements à M. Ziffer pour l'intéressante communication qu'il vient de nous faire.

**M. L. Janssen**, Président de l'Union Internationale. — Nous ne pouvons pas laisser se clore cette séance sans adresser de chaleureux remerciements à l'honorable Sous-Secrétaire d'Etat Son Excellence M. Dari qui a bien voulu nous faire l'honneur de la présider. Il a présidé avec une rare amabilité et je suis convaincu d'être l'interprète de l'assemblée en lui exprimant ici nos plus vifs remerciements. (*Applau-  
dissements prolongés.*)

**M. le Président.** — Je suis très touché, Messieurs, de vos applaudissements et des paroles trop aimables de M. Janssen. Je vous en remercie bien cordialement.

(*La séance est levée à 12 heures 15.*)



## Deuxième Séance

MARDI 18 SEPTEMBRE 1906

(Ouverture de la séance à 9 1/4 heures.)

---

Présidence de M. A. SALMOIRAGHI,  
Ingénieur, Président de la Chambre de Commerce de Milan.

M. L. Janssen, Président de l'Union Internationale. — Messieurs, j'ai le plaisir de vous annoncer que M. l'Ingénieur Salmoiraghi, Président de la Chambre de Commerce de Milan, veut bien nous faire l'honneur de présider notre séance d'aujourd'hui. (*Applaudissements.*)

M. le Président. — J'ai beaucoup regretté qu'une absence de Milan ne m'ait pas permis d'assister à votre séance inaugurale d'hier. Je me félicite toutefois du grand honneur qui m'est réservé aujourd'hui de présider la deuxième séance du Congrès et je suis heureux aussi de vous présenter à cette occasion les souhaits de bienvenue de la Chambre de Commerce de Milan.

Avant de passer à l'ordre du jour, permettez-moi encore de formuler, tant en mon nom qu'au nom de la Chambre de Commerce, les meilleurs vœux pour la réussite du Congrès, et d'exprimer l'espoir que vos travaux seront de nature à porter leurs fruits. (*Applaudissements.*)

Nous passons à l'ordre du jour.

Le premier point de celui-ci comporte la discussion du **Projet de réglementation des moteurs de traction à courant continu** (1), présenté par M. G. KAPP, Professeur à l'Université de Birmingham, ancien Secrétaire-Général de l'Association allemande des électriciens, au nom de MM. A. BLONDEL, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées de Paris; E. D'HOOP, Directeur du Service technique à la Société « Les Tramways Bruxellois »; C.-H. MACLOSKIE, Ingénieur en chef de l'« Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft »; G. RASCH, Professeur à l'École polytechnique d'Aix-la-Chapelle; SWINBURNE, ancien Président de l'Association anglaise des électriciens, et WYSSLING, Professeur à l'École polytechnique de Zurich.

La parole est à M. le Professeur Kapp pour la présentation du dit projet.

M. G. Kapp (Birmingham). — Avant de vous donner quelques explications au sujet de la Réglementation des moteurs de traction à courant continu, que la commission nommée par l'Union internationale, a l'honneur de vous présenter aujourd'hui, permettez-moi de vous dire un mot sur la marche suivie dans les travaux.

---

(1) Voir rapport : Annexe II.

Tout d'abord, la commission s'est mise en relations avec les fabricants et les exploitants, prenant ainsi l'avis des hommes de la pratique. J'eus notamment l'occasion d'avoir, il y a deux ans, à Berlin, avant mon départ pour Birmingham, quelques conférences à ce sujet. Comme je ne suis ni fabricant, ni exploitant, ni non plus fournisseur de dynamos ou de moteurs, je crois pouvoir dire que j'ai entrepris le travail qui m'a été confié, avec toute l'impartialité voulue.

Après ces premiers pourparlers, j'élaborai un premier projet qui fut envoyé aux autres membres de la commission; ce premier projet donna lieu à de nombreux changements et à de longues discussions, toujours par lettres, et nous arrivâmes ainsi à mettre sur pied, après de nombreuses correspondances, le projet que vous avez entre les mains.

Quelques rares points de ce projet n'ont cependant pas été admis par l'unanimité des membres de la commission; ils sont d'ailleurs sans grande importance. J'y reviendrai dans quelques instants.

Nous avons cru bien faire en commençant notre réglementation par une prescription générale dont le but est de ne pas rendre la réglementation, telle qu'elle est conçue, obligatoire pour tout le monde; il faut en effet laisser une certaine latitude aux intérêts économiques. Si l'un de nous désirait imposer d'autres prescriptions à son fournisseur, il peut le faire sans inconvénient aucun. C'est pour ce motif que nous avons admis le premier paragraphe : « les prescriptions ne devront être observées que pour autant qu'elles n'aient pas été préalablement modifiées par un accord intervenu entre le vendeur et l'acheteur. »

Nous avons tenu à préciser certaines définitions, surtout celles relatives à la puissance : nous avons appelé puissance d'un moteur de traction, la puissance développée à l'essieu de la voiture, et non la puissance développée sur l'axe du moteur. Tout acheteur de moteurs de traction veut naturellement connaître la puissance du moteur à l'essieu même de la voiture; c'est pour ce motif que nous avons introduit la définition donnée par le § 2. Nous avons ensuite caractérisé les puissances suivant la durée de marche; c'est là une manière de faire déjà adoptée par la Réglementation des moteurs de l'Association allemande des électriciens; elle se retrouve d'ailleurs dans les réglementations anglaises et américaines. Nous avons ainsi caractérisé la puissance permanente, la puissance normale et la puissance maximum.

L'effort de traction n'est pas calculé théoriquement sur l'axe du moteur, mais défini comme force tangentielle développée à la périphérie des roues motrices.

En ce qui concerne la vitesse, rien à dire; cette définition se comprend d'elle-même.

Il en est de même du rendement, si bien entendu nous partons du principe qu'il faut mesurer la puissance communiquée réellement à la voiture.

Pour l'échauffement, les chiffres indiqués sont à peu près ceux qui sont généralement adoptés; il n'y avait guère parmi les membres de la commission, de divergences d'opinion sur ce point.

Nous arrivons au chapitre intitulé « Indications », lequel contient les renseignements que le fabricant doit fournir à l'acheteur, pour bien montrer quelle est la nature du moteur. Je ne veux pas non plus ici vous donner lecture des différents détails; ils se comprennent d'ailleurs d'eux-mêmes. Une petite remarque cependant au sujet de la note se trouvant au bas de la page 3. Nous disons en haut de la page 3 : « On indiquera dans un graphique l'effort de traction, la vitesse et le rendement du moteur en fonction de l'intensité de courant ». Ce sont-là les courbes qui sont généralement prises par tout fabricant.

La commission était tombée d'accord sur ces points; un membre cependant demanda de faire à cet endroit un renvoi au bas de la page et de dire : « Il peut, dans certains cas, être désirable de connaître les lois de l'échauffement et du

refroidissement du moteur à la puissance normale et subsidiairement à d'autres puissances, aussi bien pour l'induit que pour les inducteurs, le moteur étant fermé et au repos. »

Je suis complètement d'accord sur le sens et l'intention de cette note; il me semble cependant qu'une réglementation ne devrait pas contenir de phrase ne faisant qu'indiquer un simple désir; ou bien on prescrit une chose, ou bien on laisse toute latitude. C'est pourquoi je propose de préciser davantage le renvoi au bas de la page 3, et de le libeller comme suit : « A la demande de l'acheteur, le vendeur devra remettre, pour des conditions de service déterminées, des courbes d'échauffement et de refroidissement du moteur par rapport au temps ».

Les paragraphes suivants sont relatifs à la plaque indicatrice et à la construction. Les membres de la commission étant complètement d'accord sur ces points, je ne crois pas devoir m'y arrêter davantage.

Nous passons aux essais de réception. Ce chapitre était primitivement intitulé « Réception ». Mais, comme M. le professeur Wyssling l'a fort bien fait remarquer, la réception est du domaine commercial, alors que les essais de réception sont plutôt du domaine technique. C'est pourquoi nous préférons dire « essais de réception ».

Viennent ensuite deux subdivisions intitulées, l'une *a*) Détermination de la puissance mécanique, l'autre *b*) Appréciation de la puissance des moteurs par la mesure de l'élévation de température. J'appelle ici votre attention sur le mot « Appréciation ». Il s'agit ici de tout autre chose que la « détermination » de la puissance. Pour déterminer la puissance, nous utilisons en effet certains instruments de mesure qui nous permettent d'obtenir un résultat technique tout à fait certain. Il n'en est pas de même pour « l'appréciation » de la puissance; dans la réglementation qui vous est soumise, j'apprécie en effet la puissance d'après l'élévation de température. Nous savons tous qu'un moteur est très indulgent; nous pouvons lui donner parfois une charge double de la charge à laquelle il est destiné; il conservera pendant quelques minutes sa puissance première. Nous ne pouvons cependant pas apprécier le moteur pour une charge double; car, pour une telle puissance, il ne tardera pas à brûler.

Je ne crois pas devoir vous lire chacun des paragraphes des subdivisions *a* et *b*; ils sont en effet déjà presque partout adoptés pour les moteurs fixes. Au sujet du § 20 cependant, je désirerais ajouter un mot : ce paragraphe est précisément l'un de ceux sur lequel la commission n'a pu se mettre d'accord; je devrais plutôt dire que je suis le seul membre de la commission qui ne l'a pas approuvé complètement. Le § 20 dit : « On relèvera au moyen du thermomètre, l'élévation de température de tous les organes du moteur, sauf l'élévation de température des bobines inductrices. Ce paragraphe a été pris de la réglementation de l'Association allemande des électriciens; les premiers travaux de cette réglementation remonte déjà à environ dix ans; on ne savait pas alors fort bien comment il fallait opérer pour obtenir la résistance d'un induit à courant continu, avec une précision suffisante pour que les résultats puissent être utilisés à la détermination de l'élévation de température. C'est pour ce motif qu'ont été introduits dans la réglementation allemande les mots « bobines inductrices » ou mieux « enroulements fixes »; la détermination de la température par l'augmentation de résistance était ainsi réduite aux seuls enroulements dont on pouvait mesurer exactement la résistance par la méthode du pont de Wheatstone. Mais bientôt après, les industriels parvinrent à appliquer également les méthodes potentiométriques par la détermination de l'intensité de courant et de la résistance; il fut prouvé que la méthode potentiométrique présentait une beaucoup plus grande exactitude. La plupart des grandes fabriques opèrent aujourd'hui de cette manière. Pour déterminer une résistance, on envoie une certaine quantité de courant par le conducteur; on mesure la quantité de courant, puis la chute du potentiel. C'est là une méthode qui se

laisse très facilement appliquer aux induits de moteurs; il faut cependant faire attention de mesurer la chute de potentiel, non pas aux bornes des balais, mais bien aux segments du collecteur. Cette manière d'opérer est très courante en Angleterre, et excessivement simple. C'est pourquoi il n'est pas nécessaire, à mon avis, de déterminer l'élévation de température de l'induit au moyen du thermomètre; on peut aujourd'hui, grâce aux instruments de mesure dont nous disposons, procéder avec une très grande exactitude à la détermination de la température de l'induit par cette voie potentiométrique. J'ai pu remarquer, dans les nombreux essais auxquels j'ai procédé, que l'emploi du thermomètre dans l'induit d'un moteur donne des résultats très inexacts; la chose s'explique d'ailleurs d'elle-même lorsque l'on songe que dans les moteurs de traction, les conducteurs de l'induit sont fort bien isolés; or, un bon isolant est un mauvais conducteur de la chaleur. Les conducteurs dont les températures nous intéressent, sont généralement noyés de tous côtés; le thermomètre ne reposera jamais sur le cuivre à nu, mais toujours sur sa gaine; la température du cuivre n'arrivera donc pas immédiatement au thermomètre. De plus, à côté du cuivre, nous avons encore le fer; celui-ci comporte des fentes de ventilation et la méthode courante consiste à plonger le thermomètre dans ces fentes. L'on se dit : de cette manière, nous aurons à peu près la température du métal. Cela est vrai, si on attend une demi-heure, mais nous n'aurons pas de la sorte la température du cuivre pendant le service. Or, si vous désirez obtenir cette dernière, il faut absolument faire porter les mesures sur le cuivre et non sur la gaine qui l'entoure. Tous ces inconvénients peuvent être évités, et l'on obtiendra des résultats beaucoup plus exacts, en déterminant également par l'augmentation de la résistance, la température des enroulements de l'induit.

Je propose donc de supprimer purement et simplement dans le § 20, le mot « inductrices ». En d'autres termes : les températures des parties du moteur qui ne sont pas des enroulements, seront mesurées par le thermomètre; quant aux enroulements tant du champ inducteur que de l'induit, il faut faire usage du pont de Wheatstone, ou mieux encore de la méthode potentiométrique.

J'en arrive à c) Détermination du rendement des moteurs. Sur ce point aussi, notre réglementation s'écarte assez sensiblement de la réglementation allemande adoptée pour les moteurs fixes. Nous avons indiqué une méthode, ou plutôt deux.

D'abord la méthode du frein; cette méthode ne donne lieu à aucune critique, mais n'est pas toujours facile à appliquer. Le frein de Prony est en effet un appareil encombrant que l'on ne trouve pas partout; de plus, il n'est pas toujours facile de s'en servir; il doit être constamment rafraîchi et projetter de l'eau dans tous les sens; il faut enfin avoir à sa disposition la totalité de la puissance qui doit être développée par le moteur. Ceci est parfois très incommode, surtout quand il s'agit de moteurs importants.

C'est pourquoi nous avons indiqué, à côté de la méthode mécanique, une méthode exclusivement électrique, et ce pour deux motifs. Tout d'abord par suite de la commodité de pouvoir déterminer, grâce à une petite quantité d'énergie, une plus grande puissance du moteur; il suffit en effet d'avoir à sa disposition une source d'énergie égale au quart ou au cinquième de la puissance du moteur; on peut ainsi mesurer, avec les sources d'énergie dont on dispose généralement, des moteurs comportant une puissance beaucoup plus importante que celle de la source d'énergie elle-même. C'est là un premier avantage.

Le second avantage, auquel j'attache une plus grande importance, découle du fait que cette méthode donne des résultats beaucoup plus exacts que la méthode du frein mécanique; les erreurs que l'on commet, diminuent et se réduisent à peu près dans les mêmes proportions que l'énergie nécessitée par cette méthode.

Les moteurs fixes sont généralement des moteurs en dérivation; la méthode consiste ici à mettre en parallèle deux moteurs semblables et à envoyer sous la

tension normale de service un courant additionnel destiné à couvrir les pertes. Le produit de la tension normale de service par le courant additionnel représente l'énergie perdue par les deux moteurs. C'est ce que nous avons indiqué dans le § 23 en *A* et *B*.

La première partie *A* de ce paragraphe indique la méthode connue de nous tous et employée généralement pour la détermination de la puissance des moteurs en dérivation. La seconde partie *B* du même paragraphe donne la même méthode, mais d'une façon un peu plus générale, de façon à pouvoir l'appliquer également aux moteurs présentant un autre type d'enroulements. Vous trouverez dans la méthode *A* :

$$\eta = \sqrt{\frac{E I'}{E I}}, \text{ dans la méthode } B : \eta = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}. P \text{ est une puissance; ce n'est}$$

autre chose que  $E I$ . J'ai préféré donner la dernière formule de la façon indiquée, parce que ces notations s'adaptent aussi bien aux moteurs en série, qu'aux moteurs en dérivation ou qu'aux moteurs compound.

Je me permets de présenter une motion au sujet de ces deux paragraphes : c'est de supprimer de la réglementation la méthode *A* et de ne conserver que la méthode *B*, parce que *A* est compris en *B*. Si nous conservons cette méthode générale, il ne me semble pas nécessaire d'indiquer spécialement le cas particulier des moteurs excités en dérivation. Au reste, il ne me semble pas logique d'intercaler dans notre réglementation ce cas particulier, car les moteurs en dérivation ne sont employés qu'exceptionnellement ; les moteurs courants de traction sont en effet généralement des moteurs en série. Tout autant au point de vue de la logique qu'au point de vue de la simplicité, seule la méthode générale du § 23 devrait être conservée.

En ce qui concerne la précision de cette méthode — que je voudrais appeler la méthode de la puissance perdue, — je dois vous faire remarquer, qu'au point de vue théorique, on peut lui faire certaines objections. Supposons en effet un train d'engrenages dans le rapport de 10 : 1 ; l'une des deux machines marche comme moteur ; la vitesse du pignon d'attaque est relativement élevée, tandis que le pignon attaqué présente une vitesse dix fois plus lente et un moment de rotation dix fois plus élevé. Si maintenant la même machine travaille comme générateur, la transmission de la force se fait alors du grand au petit pignon ; mais, dans ce cas, la perte d'énergie occasionnée par les frottements est plus considérable. On ne peut donc pas dire que, au point de vue du rendement, les deux machines mises à l'essai se trouvent théoriquement dans les mêmes conditions. Mais en réalité l'erreur ainsi commise n'est pas aussi importante ; il faut en effet ne pas perdre de vue que, dans les applications modernes, les systèmes de transmission sont à faible réduction : de 1 à 3 jusque 1 à 5. Dans ces conditions, l'erreur commise est minime et tout à fait négligeable, comme il est possible de vous en assurer. Aussi, la méthode indiquée peut-elle être recommandée.

Je crois, Messieurs, vous avoir indiqué les points principaux de notre projet de réglementation ; je me tiens d'ailleurs à votre complète disposition pour les renseignements complémentaires que vous pourriez désirer.

**M. Julius (Haarlem).** — Je désirerais demander à l'honorable rapporteur un mot d'explication concernant le § 6. Le texte français de la réglementation dit : l'échauffement d'un moteur doit être considéré comme exagéré lorsque, partant d'une température de l'air ambiant supposée égale à 25° C., etc.

Cette rédaction semble impliquer qu'une correction doit être faite aux résultats de l'essai, lorsque la température initiale de l'air ambiant n'est pas égale à 25° C. Quelle est cette correction ? Certains constructeurs appliquent un demi-degré de correction pour chaque degré entier de différence dans la température initiale de l'air ambiant, méthode qui d'ailleurs semble assez arbitraire.

Je désirerais savoir comment il faut expliquer les mots « supposée égale à 25° C. ».



**M. Kapp** (Birmingham). — Nous devons sur ce point être prudents de façon à éviter tout malentendu. L'un des membres de la commission avait en effet proposé d'apporter à ce paragraphe, une correction dans le cas où la température ne serait pas 25°. Le texte de la correction proposée n'était pas très compréhensible, et après un examen approfondi de ce texte, j'ai cru la comprendre comme suit : si la température du local d'essais était par exemple de 30°, les valeurs indiquées pour les échauffements permis devraient être réduits de 2 1/2° C. J'ai eu l'occasion de rencontrer, ici à Milan, le membre de la commission qui avait proposé cette correction ; nous parlâmes de la chose et il me dit que j'avais mal compris le but de sa correction ; celle-ci devait s'appliquer non pas à la température du local d'essais, mais à celle du pays de destination du moteur ; par exemple, si un moteur de traction est destiné à une ville comme Le Caire, où la température normale serait de 40°, il ne peut plus s'échauffer de 100° au-dessus de ces 40°, mais la limite d'échauffement doit être réduite de la différence entre 40° à 25°, soit de 15°.

Avant d'examiner ce point plus en détails, je demande à M. Julius qu'il veuille préciser le cas qu'il a en vue. Sa demande prévoit-elle le cas où la température du local d'essais ne serait pas 25°, ou bien le cas d'un moteur destiné à une ville dont la température normale serait supérieure à 25° ?

**M. Julius** (Haarlem). — Tel que je comprends le § 6, je crois qu'il faut entendre par température de l'air ambiant, la température relevée lors de l'essai à une distance d'un mètre, comme le prescrit l'un des paragraphes suivants. Seulement, si je mets que « je suppose cette température égale à 25° », et qu'en même temps je ne donne aucune correction, je ne vois pas fort bien la nécessité d'introduire cette température initiale de 25° ; du moment qu'on ne donne aucune méthode de correction, quelle est alors l'utilité de ce chiffre de 25° ?

**M. t'Serstevens** (Bruxelles). — Je dois faire remarquer que le texte français de ce paragraphe n'est pas tout à fait en concordance avec le texte allemand. Le texte allemand ne comporte en effet pas le mot « supposé » ; il dit simplement « ...lorsque, partant d'une température de l'air ambiant égale à 25° C... » et non « supposée égale à 25° C. » C'est là une erreur de traduction qui, me semble-t-il, a son importance ; cette erreur provient de ce qu'une proposition de correction avait été proposée par un membre de la commission et le texte de la phrase fut modifié ; or, cette proposition n'ayant pas trouvé l'accord des autres membres, le texte initial fut repris ; malheureusement le mot « supposée » est demeuré par oubli dans la rédaction française.

**M. Pedriali** (Bruxelles). — Du moment que vous supprimez dans le § 6 le mot « supposée » toutes les difficultés disparaissent, car il est entendu alors qu'il faut comprendre que les 25° correspondent à la température du pays auquel le moteur est destiné et non celle du pays où il est essayé.

J'estime cependant qu'il y aurait avantage à être plus explicite et à dire par exemple : si la température moyenne du pays de destination du moteur est plus élevée que 25°, les limites données pour l'échauffement dangereux seront diminuées d'un nombre de degrés égal à la différence existant entre la température moyenne de ce pays et 25°.

**M. Julius** (Haarlem). — Je me rallie à la proposition consistant à supprimer simplement le mot « supposée » dans le texte français.

**M. Kapp** (Birmingham). — Comme vient de le faire remarquer notre Secrétaire-Général, les 25° remontent aux premiers travaux de la commission.

Ce qui nous intéresse, c'est la température dangereuse absolue du cuivre, du coton ou du fer. Nous ne pouvons évidemment pas savoir pour quel pays le moteur

est destiné; c'est pourquoi nous ne pouvons pas dire simplement : la température absolue sera telle ou telle; s'il en était ainsi, nous ne pourrions plus essayer le moteur. Supposons le cas d'un enroulement isolé au coton : l'expérience a montré que la température absolue de 95° était la limite extrême. Nous avons alors supposé, — on ne pensait pas alors à des exploitations comme celles de la Havane, où la température au-dessus du pavage est excessivement élevée, — nous avons donc supposé que le moteur ne travaillerait jamais dans une température plus élevée que 25°, et nous nous sommes dits : en admettant que la température de l'air soit de 25°, l'échauffement pour les enroulements isolés au papier sera inférieur à 80° et pour les enroulements isolés au coton, inférieur à 70°. C'était là une hypothèse qui limitait en quelque sorte la température pour laquelle le moteur devait plus tard être employé. Si le moteur est exceptionnellement utilisé dans un pays où la température est, par exemple, de 35°, alors les valeurs limites indiquées pour l'échauffement, doivent naturellement être diminuées de 10°.

La proposition qui avait été faite, consistait à dire que, dans un air chaud, l'échauffement permis devait être diminué d'un demi-degré par degré au-dessus de 25°. Par exemple, pour une température de l'air de 35°, nous devrions diminuer les 70° d'échauffement permis pour les isolements au coton, de 5°, c'est-à-dire que l'échauffement permis ne sera plus que 65°, ce qui nous donnera une température finale de 100° au lieu de 95°. Cette manière de faire est complètement étrangère aux essais proposés dans le § 6, mais concerne l'utilisation du moteur.

Quoi qu'il en soit pour éviter toute difficulté qui pourrait résulter d'une température du local d'essais, s'écartant de 25°, on pourrait faire au § 6 une petite addition : par exemple, on pourrait ajouter à la fin du paragraphe : Dans le cas où la température du local d'essais est inférieure ou supérieure à 25° C., les valeurs indiquées ci-dessus seront augmentées ou diminuées de la différence. (*Approbation générale.*)

**M. Pedriali** (Bruxelles). — La correction additionnelle que vient de proposer M. Kapp, ne me semble pas suffisante, si, comme il vient de le dire, la correction à faire se réfère seulement à la température du local d'essais. Il y aurait lieu, à mon avis, d'attirer l'attention de l'exploitant sur ce point que, dans les pays chauds où la température normale de l'air est supérieure à 25°, la température dangereuse du moteur sera plus vite atteinte que dans le local d'essais; en d'autres termes, que la puissance du moteur à son lieu d'utilisation sera moindre que celle qui aura été déterminée au local d'essais.

**M. Kapp** (Birmingham). — Nous nous trouvons ici sur un terrain dangereux : notre réglementation s'adresse au fabricant qui, lui, ne sait pas pour quel pays le moteur est destiné. L'ingénieur qui fera la commande doit prévenir le fabricant des circonstances spéciales d'utilisation du moteur dans un pays chaud; il lui imposera d'autres conditions, ce dont il a d'ailleurs le droit en vertu du § 1 de la réglementation, qui permet certaines modifications après accord préalable entre le vendeur et l'acheteur. Si par exemple le moteur est destiné à un pays chaud, où la température normale ne serait plus de 25°, mais bien de 35°, l'acheteur pourra imposer par exemple au fabricant de diminuer de 10° les valeurs limites d'échauffement indiquées dans le § 6. Mais ce sont là des cas spéciaux dont la solution doit être abandonnée à l'appréciation de l'ingénieur. Pour présenter un caractère pratique, la réglementation doit rester générale et ne peut évidemment embrasser tous les cas particuliers.

**M. Pedriali** (Bruxelles). — Je retire ma proposition, mais je dois cependant faire remarquer que nous sommes un peu sortis du but premier poursuivi, lorsqu'en 1902, au Congrès de Londres, il a été décidé de nommer une commission internationale, qui serait chargée d'étudier une réglementation des moteurs de traction : cette

réglementation devait en premier lieu être destinée à l'ingénieur d'exploitation et non au fabricant.

**M. Pirani** (Paris). — Les moteurs de traction sont appelés à fonctionner très souvent par deux en série, c'est-à-dire sous une tension moitié de la tension normale. Dans ces conditions, les densités de courant, spécialement aux démarrages, peuvent être plus fortes que celles correspondant à la puissance maximum définie pour la tension entière. Or, les moteurs peuvent, peut-être, fort bien supporter ces intensités de courant sans étincelles, car la vitesse est moindre et par conséquent aussi la tension de réactance; par contre, il se peut fort bien que les charbons rougissent à de telles intensités et que par suite le moteur en souffre.

Il y aurait donc lieu, à mon avis, d'indiquer aussi les limites d'intensité de courant pour tension moitié.

**M. Rasch** (Aix-la-Chapelle). — Je crois devoir faire remarquer à M. Pirani que le § 2 définit la puissance normale; cette puissance normale doit être mesurée à la tension normale; on en déduit l'intensité normale de courant. La définition de l'intensité normale de courant est donc implicitement comprise dans le § 2; elle doit être déterminée avec la tension normale.

**M. Pirani** (Paris). — Alors vous admettez que l'intensité maximum déterminée implicitement par la définition de la puissance maximum au § 2 pour le cas des moteurs fonctionnant à la tension entière est aussi l'intensité maximum à appliquer dans le cas des moteurs fonctionnant à la tension moitié?

**M. Rasch** (Aix-la-Chapelle). — Parfaitement.

**M. Pirani** (Paris). — Je pensais que l'on aurait pu augmenter légèrement l'intensité maximum de courant dans le cas des moteurs fonctionnant à tension moitié. Si on admet que les intensités maxima restent les mêmes dans les deux cas, alors mes craintes disparaissent. On pourrait cependant être facilement amené — et ce serait là un grave danger, — à appliquer au cas de la tension moitié la définition de puissance maximum, qui a été fort bien choisie pour le cas du moteur marchant à tension entière : un moteur construit pour 500 volts et marchant à 250 volts pourrait fort bien ne pas donner d'étincelles à une intensité qui serait cependant trop forte pour lui.

**M. Kapp** (Birmingham). — Dans le § 7 « Indications », nous réclamons la puissance permanente du moteur et l'intensité de courant correspondante; l'intensité de courant est donc ici parfaitement définie. Nous réclamons également la puissance normale du moteur et l'intensité de courant correspondante; cette intensité de courant un peu plus élevée est en conséquence aussi parfaitement définie. Dans le § 6, il est dit que les essais auront lieu après dix heures de marche à la puissance permanente ou après une heure de marche à la puissance normale. Il s'ensuit que les §§ 6 et 7 définissent d'une façon précise les conditions de l'essai. Il ne me semble pas opportun d'introduire dans la réglementation une seconde prescription qui se rapporterait à l'intensité de courant.

**M. Pedriali** (Bruxelles). — M. Kapp a proposé de supprimer dans le § 20 le mot « inductrices ». Il est bien entendu que, pour ne pas avoir de contradiction, il y a lieu de supprimer le même mot dans le § 21, où il est dit que la température des bobines inductrices sera déterminée par la méthode des résistances.

**M. Kapp** (Birmingham). — Evidemment.

**M. Pedriali** (Bruxelles). — Bien que la langue française ne soit pas ma langue maternelle, il me semble cependant qu'il vaudrait mieux, au lieu de supprimer simplement le mot « inductrices », mettre « sauf l'élévation de température des bobines induites et inductrices ». Mettez cela, puisque c'est cela que vous voulez dire !

**M. Kapp** (Birmingham). — J'estime qu'il ne serait pas opportun d'entrer dans des détails aussi précis. A côté des bobines induites et inductrices, il y a encore d'autres enroulements qui n'entrent pas précisément dans ces catégories. Que faudrait-il faire des bobines de commutation et de compensation, par exemple ? D'ailleurs nous ne pouvons prévoir les inventions qui peuvent encore être faites ; peut-être le moteur futur comprendra-t-il d'autres enroulements. C'est pourquoi disons simplement « bobines ». Il est, à mon avis, dangereux de trop préciser.

**M. le Président.** — La discussion sur la réglementation des moteurs paraissant épuisée, nous allons mettre aux voix les différents paragraphes de la réglementation avec les modifications qui ont été apportées dans le cours de la discussion.

*Les différents paragraphes de la réglementation sont lus article par article par le Secrétaire général, et adoptés par l'assemblée, comme suit :*

## **Réglementation relative aux moteurs de traction à courant continu**

### **Prescription générale.**

§ 1. — Les prescriptions suivantes devront être observées dans les offres de vente et dans l'exécution éventuelle de celles-ci, à moins qu'elles n'aient été préalablement modifiées par un accord intervenu entre le vendeur et l'acheteur.

### **Définitions.**

§ 2. — *Puissance.* — Par puissance mécanique développée par un moteur, ou simplement par puissance d'un moteur, il faut entendre la puissance développée à l'essieu moteur, dans les conditions énoncées ci-dessous (1).

Par *puissance permanente* d'un moteur, il faut entendre la puissance qui, le courant étant fourni sous la tension normale de service, peut être développée par le dit moteur pendant dix heures consécutives, sans qu'il en résulte un échauffement exagéré dans le sens indiqué au paragraphe « Echauffement ». (Voir § 6.)

Par *puissance normale* d'un moteur, il faut entendre la puissance qui, le courant étant fourni sous la tension normale de service, peut être développée par le dit moteur pendant une durée ininterrompue d'une heure, sans qu'il en résulte un échauffement exagéré, dans le sens indiqué au paragraphe « Echauffement ». (Voir § 6.)

Par *puissance maximum* d'un moteur, il faut entendre la puissance qui, le courant étant fourni sous la tension normale de service, peut être développée pendant cinq minutes consécutives, la production d'étincelles au collecteur étant pratiquement nulle.

§ 3. — *Effort de traction.* — Par effort de traction d'un moteur, il faut entendre la force tangentielle développée dans les conditions prévues ci-dessous dans le paragraphe « Réception », par le moteur considéré, pour un rapport déterminé des engrenages, à la périphérie d'une roue fixée sur l'essieu du diamètre spécifié pour les roues motrices (2).

§ 4. — *Vitesse.* — La vitesse d'un moteur est la vitesse produite à la périphérie des roues motrices pour le rapport des engrenages précité.

(1) Dans certains cas particuliers, il peut y avoir intérêt à déterminer la *puissance propre* du moteur, à l'exclusion des organes de transmission (engrenages, essieux, etc.). La dénomination « *propre* » sera dans ce cas ajoutée à chacune des catégories de puissance définies dans le paragraphe « *puissance* ».

(2) Dans le cas où il serait envisagé des moteurs sans transmission, l'effet propre de traction sera celui que donnerait un bras de levier de 50 cm. supposé monté sur l'arbre de l'induit.

§ 5. — *Rendement.* — Il faut entendre par rendement d'un moteur, le rapport entre la puissance mécanique développée par le moteur et la puissance électrique fournie aux bornes du moteur, le courant étant livré sous la tension normale de service.

§ 6. — *Echauffement.* — L'échauffement d'un moteur doit être considéré comme exagéré, lorsque, partant d'une température de l'air ambiant égale à 25° C, le moteur atteint, après dix heures de marche à la puissance permanente ou après une heure de marche à la puissance normale, une température finale dépassant celle de l'air ambiant, des valeurs suivantes :

a) pour les enroulements :

isolés au coton . . . . .	70° C.
isolés au papier . . . . .	80° C.
isolés au mica, amiante ou autres substances présentant les mêmes qualités d'isolement et d'incombustibilité. . . . .	100° C.

b) pour les collecteurs . . . . . 80° C.

c) pour les parties métalliques dans lesquelles sont noyées les enroulements, la valeur correspondante à celle indiquée pour les enroulements, suivant la nature de l'isolement utilisé pour ceux-ci.

Lorsque les enroulements sont à isolements combinés, on prendra la limite inférieure.

Dans le cas où la température du local d'essais est inférieure ou supérieure à 25° C, les valeurs indiquées ci-dessus seront augmentées ou diminuées de la différence.

#### Indications.

§ 7. — Dans les offres de vente, on donnera, outre la tension normale de service, les indications suivantes, toutes rapportées à la tension normale de service :

1° la puissance permanente du moteur et l'intensité de courant correspondante ;

2° la puissance normale du moteur et l'intensité de courant correspondante ;

3° la puissance maximum du moteur et l'intensité de courant correspondante ;

4° le rendement pour la puissance permanente et le rendement pour la puissance normale, le moteur étant supposé être à la température de 75° C ;

5° la nature des matières isolantes ;

6° les dimensions d'encombrement du moteur.

On indiquera de plus le coefficient de réduction des engrenages et, pour un diamètre déterminé des roues, l'effort de traction et la vitesse pour les puissances permanentes normale et maximum.

On indiquera dans un graphique l'effort de traction, la vitesse et le rendement du moteur en fonction de l'intensité de courant (1).

#### Plaque indicatrice.

§ 8. — Outre les indications précitées, contenues dans l'offre de vente, chaque moteur comportera une plaque indicatrice de puissance, sur laquelle seront indiquées la tension normale de service, la puissance normale, le nombre total de tours, ainsi que l'intensité de courant correspondante.

#### Construction.

§ 9. — L'inducteur sera construit sous forme de cuirasse, de manière à éviter les fuites magnétiques. La cuirasse du moteur devra offrir une étanchéité parfaite contre la poussière et l'eau qui, en service, viendraient à être projetées sur la dite cuirasse.

La cuirasse comportera des ouvertures de visite à fermeture hermétique destinées à l'entretien des balais.

Par entretien des balais, il faut comprendre non seulement le remplacement des balais, mais aussi le remplacement des porte-balais.

§ 10. — Les paliers devront être construits de façon à éviter toute introduction d'huile de graissage à l'intérieur du moteur.

§ 11. — Le moteur et notamment le collecteur et les balais devront être construits de façon à ce que, pour une position fixe des balais dans le cas d'une marche dans deux sens, la production d'étincelles soit pratiquement nulle pour n'importe quelle charge dans la limite de la puissance maximum.

§ 12. — L'isolement des enroulements par rapport à la masse devra être tel que, aussitôt après que le moteur aura atteint la température maximum permise, il puisse résister encore pendant cinq minutes à un courant alternatif dont la tension serait le quadruple de la tension de service.

---

(1) A la demande de l'acheteur, le vendeur devra remettre, pour des conditions de service déterminées, des courbes d'échauffement et de refroidissement du moteur par rapport au temps.

§ 13. — Tous les organes du moteur appelés à être remplacés et en particulier l'induit, les enroulements de l'inducteur, les enroulements sur gabarit de l'induit, les collecteurs, etc., doivent être tout à fait interchangeables, c'est-à-dire que ces organes doivent pouvoir être remplacés sans nécessiter aucun travail ultérieur d'ajustage; le remplacement des induits devra en particulier pouvoir s'opérer sans qu'il soit nécessaire d'éloigner les porte-balais.

#### **Essais de réception des moteurs.**

§ 14. — La réception des moteurs aura lieu avant leur mise en place; cet examen portera non seulement sur les conditions générales d'une bonne fabrication et d'une bonne construction, mais spécialement sur la détermination de la puissance, de l'effort de traction, de la vitesse, du rendement et de l'échauffement.

##### *A) Détermination de la puissance mécanique.*

§ 15. — La puissance mécanique du moteur pourra se déterminer soit au moyen du frein dynamométrique, soit en accouplant directement à l'essieu moteur une dynamo préalablement tarée et dont les rendements sont connus pour chaque régime. Cette dynamo ne pourra pas être remplacée par un moteur de traction analogue à celui éprouvé et actionné par son engrenage.

##### *B) Prescription pour l'appréciation de la puissance des moteurs par la mesure de l'élévation de température.*

§ 16. — La puissance des moteurs se déterminera, par définition, par la mesure de l'élévation de température.

§ 17. — Il ne sera pas permis d'enlever, d'ouvrir ou de modifier essentiellement les enveloppes, couvercles, capotes, etc., prévus pour le système régulier des moteurs; de même, on ne pourra remplacer artificiellement dans l'essai, le courant d'air créé par le déplacement de la voiture.

§ 18. — La température ambiante sera relevée dans chacun des courants d'air existants; si aucun courant d'air prédominant ne se faisait sentir, on relèvera la température moyenne de l'air environnant le moteur, à hauteur du milieu de celui-ci, et dans les deux cas à environ un mètre de distance du moteur. La température ambiante sera prise à intervalles réguliers pendant le dernier quart d'heure d'essai; on en prendra la moyenne.

§ 19. — Dans le cas où, pour la mesure des températures, l'on se servirait d'un thermomètre, il faudra faire en sorte d'obtenir une conduction de la chaleur aussi parfaite que possible, entre le thermomètre et la partie du moteur dont on désire relever la température, par exemple au moyen d'une enveloppe en papier d'étain.

Afin d'éviter la dispersion de la chaleur, le réservoir thermométrique et les parties à mesurer seront recouverts par des substances mauvaises conductrices de la chaleur (déchets de laine sèche ou similaires).

La lecture du thermomètre ne sera pas faite avant que celui-ci ait cessé de monter.

§ 20. — On relèvera, au moyen du thermomètre, l'élévation de température de tous les organes du moteur, sauf l'élévation de température des bobines.

On relèvera autant que possible les points de plus haute température; ceux-ci serviront à déterminer la surélévation de température.

§ 21. — La température des bobines sera déterminée par la méthode des résistances.

Si le coefficient de température du cuivre n'avait pas été déterminé préalablement, on admettra pour ce coefficient la valeur de 0,004.

##### *C) Détermination du rendement des moteurs.*

§ 22. — Pour déterminer le rendement d'un moteur seul et avec son train d'engrenage, on pourra employer la méthode du frein, en calant celui-ci dans le premier cas sur l'arbre du moteur, dans le second cas sur un faux essieu analogue à l'essieu de la voiture.

On pourra également, avec les précautions nécessaires, recourir à la méthode purement électrique indiquée dans les paragraphes suivants.

§ 23. — Le rendement combiné des moteurs et des transmissions d'attaque se déterminera pratiquement d'après la méthode suivante (1) :

---

(1) La méthode décrite ci-dessus n'est pas théoriquement exacte, par suite des différences d'attaque des deux parties du système; l'erreur ainsi commise reste cependant dans les limites des erreurs permises, dès que le système de transmission est à faible réduction.

Deux des moteurs à essayer seront accouplés mécaniquement par un faux essieu portant un organe de transmission semblable à celui à monter sur l'essieu de la voiture; ce faux essieu sera attaqué par les deux pignons des induits des moteurs à essayer.

Un des moteurs travaillera comme moteur et l'autre comme générateur; ils seront accouplés électriquement entre eux de façon à n'exiger comme énergie extérieure qu'une énergie électrique  $P$  suffisante pour couvrir les pertes. Si l'on désigne par  $P_1$  l'énergie totale fournie au moteur et par  $P_2$  l'énergie totale développée par le générateur, on aura  $P = P_1 - P_2$  et le rendement d'un moteur avec son train d'engrenage sera  $\eta = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$ .

Les énergies  $P_1$  et  $P_2$  seront mesurées directement et électriquement.

Comme contrôle, il est recommandé de mesurer également directement l'énergie  $P$  fournie au système pour couvrir les pertes.

§ 24. — Dans le cas où l'on aurait à déterminer le rendement de moteurs destinés à être calés directement sur l'essieu de la voiture, la méthode précédente pourra également être appliquée; il suffira d'accoupler directement les induits de deux moteurs.

**M. le Président.** — Personne ne présentant d'observation, je déclare adoptée la réglementation, telle qu'elle vient d'être lue par le Secrétaire général.

Quelqu'un désire-t-il encore la parole sur cette question ?

**M. Ulbricht**, délégué du Gouvernement de la Saxe. — La question de la réglementation des moteurs de traction vient d'être terminée; permettez-moi de rester quelques instants encore sur ce terrain et de faire à l'Assemblée une proposition que j'estime être intimement liée à celle des moteurs de traction.

Nous venons d'étudier les moteurs de traction à courant continu. Or, l'époque ne me semble plus éloignée où nous devons bientôt mettre à l'étude une série de questions qui présentent avec celle des moteurs électriques de grandes analogies, en ce sens qu'elles se réfèrent à des champs d'action voisins.

Nombreuses en effet sont déjà les compagnies parmi celles représentées en cette assemblée, qui ont commencé à étudier comment les exploitations de tramways et de chemins de fer d'intérêt local devaient envisager la question des omnibus automobiles parcourant, comme elles, des lignes déterminées et dont l'exploitation doit être considérée comme un développement subsidiaire des réseaux de tramways.

Dans ces exploitations d'automobiles, — je ne parle naturellement pas ici des voitures automobiles comportant un caractère sportif, — nous avons à enregistrer certains facteurs qui présentent avec les exploitations de tramways une très grande analogie : c'est pourquoi, il faut envisager non seulement les moteurs électriques, mais aussi les moteurs de toute nature.

A mon avis, il serait important de fixer en temps voulu, tout au moins les bases d'une réglementation des moteurs qui pourraient être utilisés dans cette nouvelle application des transports en commun.

Précisément dans l'automobilisme, nous constatons une très grande hétérogénéité dans les définitions. Celles qui, pour les moteurs électriques, viennent de nous être données par M. Kapp, sont très précieuses, et je me demande s'il n'y aurait pas moyen de les appliquer également aux moteurs destinés, à l'avenir, à assurer une partie de ces nouveaux services des exploitations de tramways. Les définitions très précises données à la puissance mécanique, puissance normale, puissance propre, le point de savoir si la puissance mécanique doit être mesurée à l'essieu de la voiture ou sur l'axe même de la voiture, etc., tout cela sont autant de points qui, pour les nouveaux moteurs, présentent également une grande importance.

Je ne veux pas faire ici de propositions précises, mais je crois cependant devoir dire que ce serait, pour l'Union Internationale, une belle et digne tâche que celle d'étudier en temps voulu les moyens d'arriver à une réglementation de cette nouvelle catégorie de moteurs. Nous nous trouvons aujourd'hui en face de grandes divergences d'appréciation: le même moteur est apprécié dans un cas comme possédant une

certaine puissance; dans un autre cas, comme possédant une puissance moitié ou double. C'est là naturellement un point qui présente de graves inconvénients dès que ces moteurs viennent à être employés d'une façon courante dans une exploitation de tramways.

Je demanderai donc que l'important travail qui vient d'être adopté pour les moteurs électriques de traction, soit étendu en temps voulu aux moteurs à employer dans les omnibus automobiles, et qu'à l'un des prochains congrès de l'Association, on discute le moyen de savoir comment arriver à ce but. Il faudrait en effet éviter d'être, dans cette voie, devancés par une autre réglementation qui pourrait être en opposition avec les principes que nous venons d'admettre dans la réglementation des moteurs à courant continu.

**M. L. Janssen**, Président de l'Union internationale. — Je remercie l'honorable M. Ulbricht de l'intéressante proposition qu'il vient de faire; je ne manquerai pas de la soumettre au Comité de direction de l'Union Internationale.

**M. le Président.** — Personne ne demandant plus la parole sur la question de la réglementation, je me fais l'interprète de l'assemblée pour remercier l'éminent professeur M. Kapp de l'intéressant et important travail qu'il nous a présenté; je comprends également dans mes remerciements tous les membres de la commission et je les félicite d'avoir mis sur pied cette utile réglementation. (*Applaudissements.*)

Nous passons au second point de notre ordre du jour :

**Avantages et inconvénients dans les réseaux importants de tramways du système d'alimentation par zones isolées ou non isolées, comparé au système d'alimentation sans aucun sectionnement (1).**

Rapporteurs: M. G. RASCH, Professeur à l'Ecole polytechnique d'Aix-la-Chapelle, et M. E. PIAZZOLI, Directeur de la Société sicilienne d'Entreprises électriques à Palerme.

La parole est à M. le professeur Rasch.

**M. Rasch** (Aix-la-Chapelle). — La question au sujet de laquelle j'ai eu l'honneur d'élaborer le rapport qui est entre vos mains, réclame tout d'abord quelques définitions.

Il faut entendre par secteur ou zone d'alimentation, dans le sens de la question à traiter, la partie du réseau desservie par un point d'alimentation; tels, par exemple, les points marqués par un petit cercle noir sur la figure 1 de mon rapport; chaque point d'alimentation est réuni à l'usine génératrice par un câble spécial.

Le libellé de la question prévoit trois catégories de réseaux, que nous caractériserons comme suit :

1° Les différents secteurs d'un réseau sont isolés les uns des autres par des manchons isolateurs installés sur les fils de travail; le courant nécessaire dans un secteur ne peut ainsi y être amené que par le seul câble d'alimentation desservant le dit secteur, c'est-à-dire qu'il ne peut arriver aux différents points d'alimentation que par une seule voie. Un tel réseau ne comprend que des zones isolées les unes des autres; nous l'appellerons dans la suite réseau ouvert.

2° Le réseau que nous venons d'examiner, deviendra un réseau à zones non isolées ou un réseau fermé, si nous pontons une partie des manchons isolateurs sur les fils de travail. Ce pontage peut être obtenu par une mise en parallèle réalisée au moyen d'un interrupteur à main ou d'un interrupteur automatique. Ce système de réseau permet au courant d'arriver au point de consommation par plusieurs voies différentes; c'est là la caractéristique générale d'un réseau fermé.

---

(1) Voir rapports : Annexes III et IV.



Il faut également comprendre dans cette catégorie, des groupes de 3 à 5 secteurs réunis électriquement entre eux, chaque groupe ainsi formé représentant une zone d'alimentation plus étendue, restant cependant indépendante des secteurs voisins; ces derniers pourraient également former des groupes analogues.

Comme je l'ai montré à la fin de mon rapport, ce système d'alimentation par groupes me semble le plus rationnel pour un réseau important, à la condition toutefois que le pontage des secteurs soit obtenu par des déclancheurs automatiques.

3° Un réseau sans aucun sectionnement serait celui dont tous les secteurs seraient, non plus séparés les uns des autres par des manchons isolateurs comme en 1°, mais dont tous les secteurs seraient au contraire réunis électriquement les uns aux autres. Ce système d'alimentation ne présente dans la pratique guère d'intérêt, et nous ne nous y arrêterons pas plus longtemps.

Le sectionnement du réseau permet la localisation des perturbations survenant en service, en une zone d'autant plus petite que le sectionnement sera plus grand. De plus, le sectionnement facilite la recherche des défauts.

Par contre, le réseau fermé présente l'avantage d'une meilleure répartition des tensions et d'une moindre perte d'énergie dans les fils conducteurs.

Il est hors de doute qu'au point de vue théorique, le dernier avantage que je viens de signaler, sera d'autant plus important que les points d'alimentation réunis les uns aux autres, seront plus nombreux. Au point de vue pratique cependant, il n'y a pas lieu de réunir entre eux plus de cinq secteurs. La chose s'explique par les considérations suivantes :

Si la consommation d'énergie des différents points d'alimentation pouvait de prime à bord être parfaitement connue, et si celle-ci aussi restait constante dans la suite, il en résulterait que, en admettant naturellement la section des feeders d'alimentation convenablement calculée, il en résulterait, dis-je, que chaque point d'alimentation desservirait une zone bien déterminée au delà des limites de laquelle, même dans le cas d'un réseau fermé, le courant ne pourrait plus s'écouler. Dans ce cas, naturellement tout à fait théorique, il serait donc, au point de vue de la répartition des tensions, indifférent que les fils de travail soient pontés ou ouverts en ces points limites d'alimentation donnés par l'étude du projet. Il serait donc rationnel d'exploiter un tel réseau comme réseau ouvert, car le pontage des secteurs ne présenterait plus ici aucun avantage.

Mais en pratique, les conditions sont autres. Tout d'abord dans l'étude du projet, la charge moyenne elle-même de chacun des points d'alimentation n'est pas suffisamment déterminée, cette charge étant constamment soumise à des variations résultant de la création de nouvelles lignes, soit encore des changements apportés à l'horaire. Mais, même en admettant que la charge moyenne restât constante, il n'en est pas moins vrai que les intensités de courant des secteurs d'alimentation resteraient soumises à des variations continuelles. Ces variations sont donc le motif pour lequel le pontage des secteurs paraît désirable.

De ce qui précède, on pourrait être appelé à conclure que le pontage des secteurs serait d'autant plus à conseiller que les variations des intensités des feeders d'alimentation, dans le cas d'un réseau à secteurs isolés, seraient plus importants. Il est certain que ces variations des intensités diminueraient d'importance par le pontage des secteurs et que cette diminution serait d'autant plus considérable que le nombre de secteurs réunis augmenterait; il est cependant à remarquer qu'à partir d'un certain nombre de ceux-ci, la diminution des variations ne présente plus d'importance pratique. C'est pour ce motif qu'un réseau sans aucun sectionnement serait tout à fait irrationnel.

Il y aurait naturellement grand intérêt à calculer l'économie de courant qui résulterait de la réunion de plusieurs secteurs d'alimentation, mais il est évident que ce problème ne peut être résolu d'une manière générale; il ne pourrait l'être que dans

chaque cas particulier, en se basant sur des hypothèses bien déterminées. J'ai, dans les figures 7, 8 et 9 de mon rapport, appliqué à un exemple quelques hypothèses concernant la disposition des conducteurs et les variations des intensités de courant; j'ai ainsi trouvé que, dans le cas de la réunion de deux secteurs d'alimentation par un conducteur unique, l'économie d'énergie qui en résultait se chiffrait par 10 % et qu'elle atteignait 27 % dans le cas de la réunion de trois secteurs au moyen de trois conducteurs.

J'ai de plus montré, dans la figure 4 de mon rapport, que, pour un réseau ouvert, toutes les intensités de courant produisaient, à partir d'une certaine limite, des perturbations dans le réseau; que ces perturbations, cependant, ne présentaient qu'un caractère local; qu'au contraire, lorsque ce réseau ouvert était transformé en un réseau fermé au moyen d'interrupteurs à main, la limite des intensités perturbatrices reculait, mais par contre que les perturbations s'étendaient alors chaque fois sur la totalité du réseau.

Afin de permettre la localisation des perturbations, même dans le cas des réseaux fermés, il y aurait lieu de procéder au pontage des secteurs au moyen de déclancheurs automatiques. Ces appareils devraient cependant présenter une latitude aussi grande que possible entre l'intensité normale du courant et l'intensité produisant le déclanchement. Cette condition est d'ailleurs généralement facile à réaliser, car les points de séparation des secteurs et, partant, les points d'installation des déclancheurs automatiques, se trouveront ordinairement aux limites naturelles des secteurs d'alimentation, c'est-à-dire précisément là où les intensités normales seront le moins importants.

La solution n'est parfois plus aussi simple lorsqu'il s'agit de réaliser cette condition dans les feeders d'alimentation. La présence d'une intensité de courant très élevée dans le secteur desservi par un point d'alimentation — résultant par exemple du fait d'un court-circuit, — augmente, dans le cas d'un réseau fermé, les intensités de courant dans tous les feeders. Il faut ici faire en sorte que la plus grande quantité possible du courant perturbateur soit amené par le feeder du secteur perturbé, ou que tout au moins ce feeder prenne, de ce courant perturbateur, une partie beaucoup plus importante que les feeders voisins; on obtiendra de la sorte, ici aussi, une grande différence entre l'intensité de courant déterminant le déclanchement et les intensités normales de service.

On se rapprochera de la réalisation de cette condition en réduisant autant que possible la section du fil de travail et en augmentant celle du cuivre. Dans certain cas, il pourrait même être conseillé d'installer des résistances dans les fils de travail en des points aussi rapprochés que possible des limites des secteurs d'alimentation. Cette question est traitée plus en détails dans la dernière partie de mon rapport, notamment dans les figures 11 et 12.

J'ai enfin, en m'appuyant sur la figure 10, indiqué comment je comprends l'installation rationnel d'un réseau important de tramways. Tout d'abord, au point de vue des sections des conducteurs : le plus de cuivre possible dans les feeders, le moins possible dans les fils de travail. Ensuite, sectionnement des fils de travail par des isolateurs de façon à limiter la zone desservie par chacun des points d'alimentation et à la rendre complètement indépendante des zones voisines. Enfin, pontage de quelques isolateurs par des interrupteurs automatiques, le cas échéant avec intercalation de résistances, de façon à réunir entre eux les secteurs de distribution de 3 à 5 points voisins. Lorsque la chose sera possible, on cherchera à réunir entre eux des secteurs dont les conditions d'exploitation seront à peu près analogues, de façon à posséder ainsi une zone importante dans laquelle la totalité de l'intensité de courant sera aussi peu que possible soumise à des fluctuations.

La figure 10 de mon rapport représente une partie d'un réseau hypothétique de tramways. Les secteurs desservis par les points d'alimentation I, II, III et IV, sont complètement isolés des secteurs voisins. Ils sont cependant rendus dépendants les

uns des autres par des conducteurs représentés en traits forts sur la figure; ces conducteurs possèdent aux points *a*, *b*, *c* et *d* des interrupteurs automatiques. A côté de ces lignes fermées, chaque point d'alimentation distribue également le courant à quelques lignes ouvertes.

Tels sont, Messieurs, les points principaux de mon rapport.

**M. le Président.** — La parole est à M. Piazzoli, Directeur de la Société sicilienne d'entreprises électriques à Palerme, pour la présentation de son rapport sur la même question.

**M. Piazzoli** (Palerme). — Je ne crois pas devoir vous lire ici en entier le rapport que j'ai eu l'honneur de vous présenter; il me suffira, je crois, de vous rappeler les conclusions auxquelles je suis arrivé.

Le système d'alimentation par zones isolées présente comme avantage principal une plus grande sécurité de service, laquelle résulte des facteurs suivants : localisation et recherche plus facile des perturbations; possibilité d'alimenter une section hors courant par les sections voisines; limitation à un seul secteur d'une perturbation survenant dans le réseau aérien ou dans un câble d'alimentation. Par contre, dans ce système, l'utilisation du cuivre mis en œuvre n'est pas la meilleure et la surcharge d'un feeder n'est pas évitée.

Comme avantages du système d'alimentation sans aucun sectionnement, nous citerons l'utilisation plus rationnelle du cuivre, d'où une économie de courant et l'abstention de surcharges momentanées dans les différents feeders. Le grave inconvénient de ce système est que toute perturbation se fait sentir sur la totalité du réseau et immobilise souvent le service sur toutes les lignes, et ce pour une durée parfois considérable; généralement en effet le défaut ne peut être rapidement localisé; enfin, le débit instantané des machines génératrices dans le cas d'un court-circuit peut acquérir une valeur très importante.

De ce qui précède, j'estime que la préférence doit être donnée à la méthode d'alimentation par sectionnement.

Il me paraît cependant possible d'éviter les inconvénients de chacun des deux systèmes pour bénéficier de leurs avantages respectifs, en adoptant la méthode des zones non isolées, mais pontées par des disjoncteurs automatiques. Ce système permettrait d'utiliser complètement en temps normal, la section du cuivre mis en œuvre et isolerait automatiquement la section défectueuse dans le cas d'une perturbation.

Avant de se prononcer définitivement sur ce système, il serait cependant désirable que l'on procédât à des expériences prolongées pour s'assurer si, dans le service courant, les nombreux disjoncteurs automatiques qui seraient à installer dans un réseau important, — que ces disjoncteurs soient d'un type déjà connu ou d'un type à créer, — seront capables d'accomplir d'une façon sûre, pratique et continue le rôle qu'on leur demande.

**M. le Président.** — Messieurs Rasch et Piazzoli viennent de nous présenter deux rapports très intéressants sur une importante question; je les en félicite bien vivement et je crois que l'assemblée sera d'accord avec moi pour leur voter tous nos remerciements. (*Applaudissements.*)

Avant de passer au point suivant de notre ordre du jour, je tiens à faire remarquer que ces Messieurs préconisent tous deux l'emploi de disjoncteurs automatiques; M. Piazzoli exprime même le vœu de voir les exploitations de tramways procéder à des essais pour juger de la valeur de ces disjoncteurs.

Je transmets le vœu de M. Piazzoli au Comité de direction de l'Union internationale.

Nous abordons le troisième point de notre ordre du jour : **Du gabarit des voitures de tramways urbains, spécialement au point de vue de la largeur** (1).

La parole est au rapporteur, M. H. Géron, Directeur de la Société des Tramways de Cologne (en liquidation).

**M. Géron**, (Bruxelles). — En mettant à l'ordre du jour du Congrès de Milan, la question du gabarit des voitures, le Comité de direction de l'Union internationale a surtout voulu attirer l'attention des membres de l'Association sur l'importance que présente l'étude de ce problème, dans le but d'arriver à une construction rationnelle des voitures de tramways urbains.

La voiture est notre principal outil ; le choix judicieux du type, de même qu'une disposition bien comprise et commode, ont une grande influence sur les recettes et les dépenses de traction. C'est d'ailleurs la voiture, avec ses avantages et ses inconvénients, qui éveille en premier lieu l'intérêt du public.

Tout nous porte donc à accorder nos soins à cet outil précieux pour l'étudier dans tous ses détails et chercher sans cesse à le rendre plus approprié aux besoins. Nous voyons aujourd'hui tous les exploitants se préoccuper de la transformation et du perfectionnement de leurs voitures. Aussi a-t-il paru opportun au Comité de l'Union internationale de s'en occuper à son tour en incitant ainsi au progrès.

Nous nous trouvons en présence d'un vaste champ d'action qui comporte de nombreuses questions du plus haut intérêt. Parmi toutes celles-ci, je citerai, à côté de la question des freins déjà mise à l'ordre du jour de ce Congrès, les avantages et inconvénients des bancs longitudinaux comparés aux bancs transversaux, l'expérience recueillie sur l'emploi des voitures transformables (convertible cars), les voitures à boggies, l'emploi de fenêtres mobiles ou fixes, les bandages de roues, les perfectionnements des boîtes à graisse, etc., etc.

La question de la largeur à donner aux voitures, qui nous occupera aujourd'hui, n'est qu'un premier pas dans cet ordre d'idées ; elle offrira à nos membres l'occasion de se prononcer sur cette question en particulier, et sur l'opportunité d'une étude ultérieure plus étendue.

Vous connaissez tous, Messieurs, les inconvénients que présente, tant pour le public que pour le service, l'emploi de voitures d'une largeur insuffisante ou comportant des couloirs trop étroits. Vous savez aussi que, dans la plupart des cas, ces inconvénients résultent de la circonstance que les actes de concession limitent trop souvent la largeur maxima des voitures à des dimensions ne permettant pas au constructeur d'arriver à une solution convenable du problème.

Dans le rapport que j'ai eu l'honneur de vous soumettre, j'ai appelé l'attention sur l'importance que cette question présente surtout pour les exploitations de tramways urbains à trafic intense. Je suppose que vous avez pris connaissance de mon rapport, et je crois en conséquence pouvoir me dispenser d'y revenir.

Comme vous le montre mon rapport, les largeurs maxima généralement autorisées, varient entre 2.00 m. et 2.20 m. ; exceptionnellement, elles descendent à 1.95 m. et 1.90 m. pour monter parfois jusque 2.30 m. et 2.35 m. ; ces dernières dimensions se rencontrent surtout dans les voitures à bancs transversaux ou dans les exploitations présentant des conditions spéciales.

Vous serez certainement d'accord avec moi pour reconnaître que les largeurs de 2.00 m. et en dessous sont tout à fait insuffisantes pour permettre la construction de voitures répondant au confort et aux exigences modernes d'un bon service. De telles limites gênent le constructeur et l'obligent à réduire toutes les dimensions transversales au détriment du confort et des facilités du service. Une augmentation de 10 cm. seulement lui donnerait cependant les coudées plus franches.

---

(1) Voir rapport : Annexe V.

Vous aurez été probablement frappés à la lecture de mon rapport, en constatant que, pour une même largeur, l'utilisation intérieure est fort différente d'une exploitation à l'autre : nous voyons en effet que, pour une largeur donnée de 2.10 m. par exemple, le couloir entre bancs varie, suivant les exploitations, entre 820 mm. et 920 mm.. De ces hétérogénéités, nous pouvons conclure que l'accord n'est aujourd'hui pas complet sur l'utilisation la plus rationnelle à donner aux caisses des voitures.

L'examen de tous ces détails nous conduirait trop loin, et je me permets de vous référer à mon rapport. Je finirai ce rapide exposé en résumant les renseignements reçus en réponse au questionnaire, par le rappel des conclusions auxquelles je suis arrivé et que j'ai indiquées à la fin de mon rapport, à savoir :

« Il y aurait lieu aujourd'hui, dans l'intérêt du public, de voir la largeur maxima des voitures de tramways urbains portée à 2.10 m. et 2.20 m., et si possible même jusque 2.30 m., afin de permettre l'emploi de banquettes transversales.

» Lorsque, pour de nouvelles lignes à créer, la largeur des artères existantes empruntées, ne permet pas la largeur maxima de 2.10 m., il y aurait lieu, pour obtenir cette largeur, de ne pas reculer devant quelques légers travaux de transformation dans les parties les plus étroites de la rue ; ce n'est que dans le cas d'absolue nécessité que les avantages présentés par une caisse de voiture suffisamment large, pourraient être sacrifiés.

» Là où la largeur de la voiture devrait être limitée à 2.00 m., il y aurait lieu de réduire autant que possible, au profit de la largeur intérieure de la caisse, toutes les parties saillantes de la voiture, telles que marche-pieds, moulures, etc. »

**M. Heude**, Délégué du Gouvernement français. — Je me rallie complètement aux conclusions que vient de présenter M. Géron, mais je ne les trouve pas suffisamment explicites : je voudrais que le Congrès émit un vœu beaucoup plus précis qui fixerait autant que possible la largeur des voitures à 2.30 m.

Nous avons en effet en France, de sérieux inconvénients résultant du fait que, dans une même ville, les gabarits des voitures sont parfois très différents pour les diverses compagnies de tramways.

Un décret ministériel fixe à 30 cm. au minimum la distance entre les parties les plus saillantes de la voiture et la bordure du trottoir. Supposons un tramway existant au gabarit de 2.00 m. ; ce gabarit fixe dès lors l'emplacement du rail extérieur de la ligne. Une autre exploitation de tramways se forme dans la banlieue, par exemple avec un gabarit de 2.30 m. Il y aurait naturellement grand intérêt à réunir ce tramway suburbain au tramway urbain déjà existant ; malheureusement la chose n'est pas possible, par suite des prescriptions du décret ministériel qui fixe indirectement la position du rail extérieur pour chaque gabarit.

Je serais donc d'avis que la largeur des voitures soit partout fixée uniformément à 2.30 m. Il y aurait cependant lieu de faire une restriction, car dans certaines villes, les rues ne sont pas suffisamment larges pour autoriser des voitures de 2.30 m. ; il ne faudrait donc pas être absolu.

En conséquence, j'ai l'honneur de demander au Congrès que celui-ci estime qu'en général la largeur du gabarit devrait être de 2.30 m., sauf exception dûment justifiée.

**M. Grialou** (Lyon). — J'estime également qu'une largeur de 2.30 m. devrait être recommandée, cette largeur permettant la création d'un type de voitures qui présenteraient le maximum de capacité.

A l'origine de l'exploitation des tramways, les voitures comportaient généralement une largeur de 2.10 m. ; les banquettes des voitures étaient alors toutes longitudinales, et cette largeur de 2.10 m. était dès lors suffisante pour permettre une circulation relativement facile à l'intérieur des voitures. Il n'en est plus de même

lorsque, au lieu de banquettes longitudinales, les voitures possèdent des banquettes transversales. Dans ce cas en effet, même une largeur de 2.20 m. ne donnerait pas encore aux banquettes une largeur suffisante pour y recevoir quatre personnes de front, que le couloir soit central ou placé sur le côté. Un faible excédent de largeur cependant, — 10 cm. seulement, — permettrait d'augmenter la capacité de la voiture d'un tiers.

Il y a quelques années, les banquettes longitudinales constituaient pour ainsi dire la règle générale, mais aujourd'hui il a été reconnu que les voyageurs préfèrent de plus en plus les banquettes placées dans le sens transversal, et si possible même à dossiers réversibles, leur permettant d'être orientés toujours dans le sens de la marche de la voiture.

Il ne faut cependant pas oublier qu'aujourd'hui que la plupart des réseaux sont déjà construits, une augmentation quelconque de la largeur de la voiture diminuerait d'autant la distance entre voitures du côté de l'entre-voie, c'est-à-dire l'espace libre entre deux voitures circulant en sens inverse. Une augmentation de largeur des voitures dans les installations déjà existantes réclamerait donc une réfection de l'assiette de la voie, ce qui naturellement augmenterait la dépense dans une proportion tout à fait inadmissible.

Sur un réseau à construire qui n'emprunterait aucune ligne d'un réseau existant, l'augmentation de la largeur des voitures de 10, 15 ou 20 centimètres serait possible et recommandable. Il est manifeste que 10 ou 15 centimètres d'augmentation de largeur ne constitue pas, dans ce cas, une source de difficultés ; la seule difficulté étant généralement, comme je viens de le dire, la trop faible largeur des entrevoies existantes ; cette difficulté peut naturellement être évitée dès qu'il s'agit d'un nouveau réseau à installer.

J'estime donc que, dès l'instant où les voitures d'un tramway ne sont pas appelées à circuler sur les lignes d'un autre réseau, il vaudrait mieux laisser toute latitude à l'exploitant pour le choix de largeur. J'attire surtout l'attention du Congrès sur ce résultat remarquable, c'est que, par une faible majoration de la largeur de la voiture, on peut augmenter la capacité de celle-ci d'un tiers, ce qui constitue naturellement un précieux avantage tant pour le public que pour l'exploitant.

**M. Koehler** (Berlin). — Le désir que notre honorable Collègue, M. Grialou, vient d'émettre, restera, je crois, tout au moins pour les tramways urbains, dans le domaine des desiderata. Il serait en effet difficile d'admettre que, sur des réseaux urbains, l'on puisse autoriser l'exploitant à se réserver sur la chaussée une largeur de 2.30 m., même dans le cas de nouvelles lignes. Pour les lignes déjà existantes, la chose est naturellement presque impossible ; pour de nouvelles lignes, une telle largeur ne serait réalisable que dans des artères très larges, ou bien encore que s'il était possible de donner aux voies du tramway un siège spécial, ce qui naturellement ne pourrait se faire que très rarement dans les artères des villes.

C'est pourquoi je voudrais vous dissuader de dire d'une façon générale que le Congrès exprime un vœu demandant aux autorités de permettre à l'avenir une largeur de voitures jusque 2.30 m. et même 2.40 m.

Quant aux autres points, je partage complètement la manière de voir du rapporteur. On ne peut assez attirer l'attention sur l'opportunité qu'il y a à donner aux voitures de tramways une disposition bien comprise et un confort convenable ; ces points ont une grande influence sur le trafic et par conséquent aussi sur les recettes de l'exploitant. Il n'y a d'ailleurs pas à nier que, dans ces dernières années surtout, cette question a fait l'objet de nos préoccupations constantes. Si nous nous reportons en arrière et considérons les voitures qui, dans les premières années de la traction électrique, c'est-à-dire il y a à peine dix ans, étaient utilisées — tout au moins en Allemagne — pour les comparer aux voitures modernes, nous serons certes frappés des progrès énormes réalisés depuis lors. Malheureusement, nous nous trouvons, chez nous en Allemagne, en présence d'un facteur spécial, trop diversement apprécié

par les exploitants : nous mettons en effet trop de patriotisme local dans le choix du type des voitures. Je m'explique : il y a quelque temps, nous reçûmes d'une petite ville de province une lettre nous demandant l'envoi des plans de nos voitures ; il s'agissait de passer une commande de quatre voitures ; à ces quatre voitures devait se borner le matériel roulant exigé pour l'exploitation de cette ville. Nous répondîmes naturellement à cette demande et envoyâmes les plans désirés. Notre correspondant, quelque temps après, nous écrivit une lettre de remerciements, en ajoutant cependant qu'il ne croyait pas pouvoir accepter le type de nos voitures, car les conditions locales de la ville obligeaient à des transformations. Ces dernières — j'ai pu m'en rendre compte dans la suite, — étaient minimales et tout à fait irrationnelles, obligeaient néanmoins le constructeur à établir des plans complètement nouveaux pour ces quatre voitures et à modifier ses installations. Ce travail supplémentaire du constructeur se traduisit naturellement par une augmentation sensible dans le prix.

Il serait à mon avis hautement désirable de nous voir arriver, comme cela se fait d'ailleurs en Amérique, à une plus grande uniformité dans le type des voitures. Aujourd'hui, nous nous trouvons devant une véritable carte d'échantillons : presque chaque ville possède un type différent.

Un point n'a pas été, à mon avis, suffisamment traité par le rapporteur : c'est la question de la hauteur des voitures. Cette question présente cependant un grand intérêt là où l'exploitant se trouve dans la nécessité d'utiliser des voitures à impériale. Le public comme les autorités demandent en général que, pour la facilité d'accès et de sortie des voitures, celles-ci soient aussi hautes que possible.

Les voitures à impériale présentent naturellement certaines difficultés : dans les grandes villes par exemple, la hauteur des voitures est généralement limitée par le passage des ponts qui souvent se trouvent à l'intérieur de l'agglomération. Je ne saurais dire pour le moment si le questionnaire qui a été envoyé aux membres de l'Union touchait cette question de la hauteur des voitures.

**M. Géron** (Bruxelles). — Parfaitement ; l'enquête faite auprès des membres comportait une question relative à la hauteur des voitures ; cette question a généralement été répondue dans le sens que vous venez d'indiquer, c'est-à-dire que, dans la plupart des cas, la hauteur des voitures était limitée par la possibilité de passer sous les ponts.

**M. Koehler** (Berlin). — Cela est exact ; nous devrions cependant agir de façon à obtenir des autorités qu'elles nous permettent d'utiliser tout au moins la plus grande hauteur possible. C'est là un point qui présente une importance capitale. A Berlin, par exemple, il n'est déjà plus possible de faire passer sous les ponts des voitures à impériale et les autorités se refusent, à bon droit, d'autoriser une hauteur aussi haute que possible des voitures.

**M. Géron** (Bruxelles). — Nous sommes d'accord, mais je dois cependant faire remarquer que la question principale, que j'avais à traiter, était celle de la largeur des voitures. Au reste mon but n'a été autre que d'inciter à l'étude de la question, avec l'idée de voir porter à l'ordre du jour d'un de nos prochains congrès, du prochain congrès même si vous le voulez, une étude plus élargie et plus détaillée de la question, c'est-à-dire un examen complet des différentes dimensions du gabarit et non plus, comme je l'ai fait aujourd'hui, le seul examen de la largeur. Je le répète, je n'ai voulu, en présentant mon étude qu'instiguer à l'étude plus approfondie de l'intéressante question du gabarit des voitures.

J'estime donc qu'il serait utile de reprendre la question en entier à notre prochain congrès, et ce dans un sens plus large.

**M. Ulbricht**, Délégué du Gouvernement de la Saxe. — Je désirerais simplement poser une question au rapporteur : M. Géron a rappelé dans son rapport que la limite de l'augmentation à donner aux voitures était entre autres donnée par la sécurité des personnes qui viendraient à être prises entre deux voitures. Ce point

me paraît légèrement douteux ; aussi serai-je désireux de savoir si l'Union internationale, dans ses Congrès antérieurs, a décidé que la sécurité des personnes prises entre deux voitures devait toujours et partout être respectée. S'il en était ainsi, je devrais faire remarquer que nombreux sont déjà les réseaux pour lesquelles cette décision serait devenue lettre morte. Et d'ailleurs, l'on doit se demander s'il est réellement possible de prendre en considération cette sécurité qui, à mon point de vue, n'est que tout à fait illusoire.

J'estime qu'il serait du plus haut intérêt de voir l'Union internationale étudier cette question. Supposons que l'on ne prenne entre deux voitures qu'exactly l'espace nécessaire, reconnu mathématiquement suffisant pour ne pas blesser une personne se trouvant sur l'entrevoie. Cet espace, bien que reconnu suffisant au point de vue théorique, ne le serait certes plus dans la réalité, car il est évident que la personne en danger ne se placera jamais exactement de façon à laisser de chaque côté un intervalle de 1 cm. entre son corps et les voitures. Si dans l'examen de cette question, il était reconnu qu'il n'y a pas lieu de prendre en considération la sécurité des personnes prises entre deux voitures, alors le problème de la largeur des voitures se simplifie beaucoup. Je réserve pour le moment ma manière de voir, mais je serais heureux de connaître l'avis de l'Assemblée sur la question.

Une autre considération de sécurité qui entre aussi en ligne de compte, c'est le danger que présente la rencontre de deux trains, lorsque des personnes se penchent en dehors des voitures. Ce degré de sécurité peut évidemment être plus facilement obtenu.

Quoi qu'il en soit, je me demande si ce facteur de sécurité, rappelé par M. Géron dans son rapport, est réellement toujours pris comme base dans le calcul de l'entrevoie : s'il n'en était pas ainsi, il y aurait lieu, à mon avis, d'étudier ce côté de la question, en imposant éventuellement ce facteur comme base du calcul de l'entrevoie.

**M. Géron** (Bruxelles). — En réponse à la demande de renseignements faite par M. Ulbricht, je ferai remarquer que jusqu'aujourd'hui, l'Union ne s'est pas encore occupée de cette question spéciale. Nous reconnaissons cependant volontiers qu'elle présente un grand intérêt.

Les observations que vient de présenter M. Ulbricht me paraissent, à moi aussi, fort justes. Cette sécurité à laisser aux personnes prises dans l'entre-voie n'est plus, à mon avis, qu'une simple tradition qui a perdu de son importance par le fait même que les voitures sont devenues beaucoup plus longues. Dans les premières années, lorsque les voitures n'avaient que 6 mètres, l'espace laissé libre entre les caisses de voitures ou les marchepieds pouvait être considéré comme suffisant, même dans les courbes prononcées et aux tournants des rues. Mais aujourd'hui, cet espace est tellement réduit, par suite de la plus grande longueur des voitures, qu'il serait bien difficile d'éviter l'écrasement d'une personne qui serait prise entre deux voitures.

Si je ne me trompe, M. Ulbricht vient d'exprimer le vœu de voir cette question portée à l'ordre du jour du prochain congrès.

**M. Ulbricht**, Délégué du Gouvernement de la Saxe. — En effet.

**M. Géron** (Bruxelles). — Le vœu ayant été exprimé que le gabarit des voitures soit étudié dans ses généralités au prochain congrès, rien ne s'oppose à ce que le point que vous venez de soulever, soit également compris dans l'étude de la question.

**M. Koehler** (Berlin). — Les échanges de vues qui viennent de se produire montrent bien que la question ne peut être considérée aujourd'hui comme complètement élucidée. M'appuyant, au reste, sur les observations présentées par le rapporteur, je demande donc qu'il ne soit pas pris aujourd'hui de conclusions et que la question, comme vient d'ailleurs de le proposer M. Géron lui-même, soit mise dans toute sa généralité à l'ordre du jour du prochain congrès ; le nouvel examen de la question devrait naturellement tenir compte des remarques faites par l'honorable délégué du Gouvernement de la Saxe.



**M. L. Janssen**, Président de l'Union internationale. — J'estime qu'un mot pourrait être avantageusement modifié dans les conclusions proposées par M. Géron : au lieu de largeur maxima, il devrait être dit : largeur maxima autorisée. (*Approbaton générale.*)

Les conclusions deviendraient alors :

« Il y aurait lieu aujourd'hui, dans l'intérêt public, de voir la largeur maxima autorisée des voitures de tramways urbains portée à 2.10 m. et 2.20 m. et, si possible même jusque 2.30 m., afin de permettre l'emploi de banquettes transversales. »

« Lorsque, pour de nouvelles lignes à créer, la largeur des artères existantes ne permet pas la largeur maxima autorisée de 2.10 m., il y aurait lieu, pour obtenir cette largeur, de ne pas reculer devant quelques légers travaux de transformation dans les parties les plus étroites de la rue ; ce n'est que dans le cas d'absolue nécessité que les avantages présentés par une caisse de voiture suffisamment large, pourraient être sacrifiés.

« Là où la largeur de la voiture devrait être limitée à 2.00 m., il y aurait lieu de réduire autant que possible, au profit de la largeur intérieure de la caisse, toutes les parties saillantes de la voiture, telles que marchepieds, bordures, etc.

**M. Géron** (Bruxelles). — Pour ma part, je ne m'oppose aucunement à la modification que vient de proposer M. Janssen, car elle ne fait qu'exprimer d'une manière plus précise le sens que j'ai entendu donner à mes conclusions.

**M. le Président.** — M. le rapporteur est-il d'accord pour que la question soit remise à l'ordre du jour du prochain congrès ?

**M. Géron.** — Comme M. Koehler vient d'exprimer le désir de remettre à notre prochain congrès toute la question et de la voir traitée dans un sens plus large que celui envisagé dans mon rapport, comme d'ailleurs l'assemblée paraît être d'accord pour qu'il soit fait ainsi, je me rallie à cette proposition, qui répond du reste à mon desideratum.

**M. le Président.** — La meilleure résolution à prendre pour le moment, c'est d'abord de remercier M. Géron du très intéressant rapport qu'il a présenté sur cette importante question du gabarit des voitures, et ensuite d'enregistrer ses conclusions en les considérant comme le point de départ de discussions nouvelles lors de nos prochaines assises. (*Applaudissements.*)

La question du gabarit des voitures sera donc étudiée dans toutes ses généralités au prochain congrès de l'Union internationale.

Je donne la parole à Son Excellence M. le Lieutenant Général von Wendrich, délégué du Gouvernement russe, qui a une communication à nous faire.

**Excellence Lieutenant-Général von Wendrich**, Délégué du Gouvernement russe. — Excusez-moi, Messieurs, si je réclame pendant quelques minutes votre attention, mais il me paraît intéressant de vous dire quelques mots sur l'utilisation du matériel roulant, les méthodes de contrôle, des décomptes mutuels et de statistique, dans les exploitations de chemins de fer d'intérêt local.

En raison des avantages techniques et économiques que présentent les services directs de transport comme aussi par suite des insistances du public à les réclamer, le transit du matériel roulant d'un réseau sur un autre a pris de nos jours un grand développement.

Pour résoudre cette question de l'échange du matériel, les administrations de chemins de fer embrassant toute l'Europe centrale, ont adopté un « Règlement sur l'emploi réciproque du matériel ».

En évitant les escales et les retards dans le transport des marchandises, on obtient une meilleure utilisation du matériel roulant, du personnel, de la capacité (rendement) des gares, des lignes et des ports.

Cette utilisation n'a pas seulement pour effet de faciliter la circulation plus rapide des capitaux, mais elle permet aussi de réaliser de grandes économies dans les dépenses d'exploitation.

La statistique, comme élément régulier d'une entreprise, doit également servir à contrôler les détails du service d'exploitation dans le but de conduire à une amélioration des résultats.

Le wagon à marchandises circulant directement sur les voies ferrées de différentes administrations est, pour ainsi dire, un enregistreur des conditions de la circulation des marchandises d'un réseau à un autre.

Pour le contrôle du service des véhicules comme élément du travail statistique, on pourrait adopter la feuille de route. Toutes les stations d'expédition, c'est-à-dire de provenance, devraient dresser une feuille de route (1) qui accompagnerait le wagon jusqu'aux stations de destination. Ces dernières adresseraient quotidiennement ces feuilles de route aux bureaux de contrôle ou de statistique désignés, par l'intermédiaire de la Direction de l'exploitation. Dans ces bureaux, ces feuilles de route seraient classées par exploitation propriétaire et par numéro de véhicules.

Les feuilles de route certifieraient ainsi l'expédition et l'arrivée des wagons, donneraient un tableau de tout le travail fourni par eux, un historique de leur service (utilisation) et enfin, tous les renseignements nécessaires à l'établissement des comptes mutuels entre les différentes administrations.

A cet effet les bureaux de contrôle ou de statistique dresseraient un tableau d'après les feuilles de route à l'aide de la machine à additionner (par exemple, le système Burrough-Selbstschreibende).

Ce tableau statistique donnera la possibilité de comparer l'activité des différentes lignes desservant les mêmes marchés de production et de consommation dans le trafic national et international, et notamment les quantités de tonnes de chargement, les directions de la circulation, la quantité du matériel roulant occupé par ces transports, parcours kilométrique des tonnes du chargement et des véhicules, temps utilisé par véhicule, vitesse commerciale (kilomètres à l'heure) par véhicule, ainsi que la recette brute et dépense d'exploitation par tonne-kilomètre du chargement et autres dépenses qui peuvent mettre en évidence les conditions de l'organisation de l'exploitation sur les différents réseaux.

Nous ferons remarquer que l'emploi des feuilles de route ou bulletins de parcours, déjà en usage dans deux Compagnies de Chemins de fer de la France, y a simplifié d'une manière notable le travail des gares d'échange, des gares intérieures et du bureau des parcours. Plusieurs livres et rapports des gares frontières et intérieures ont pu être supprimés. La réduction de travail dans la confection des comptes réciproques d'échange et dans le parcours des trains, a été importante.

Le même principe de la feuille de route accompagnant toujours le véhicule, peut être appliqué à l'utilisation des machines locomotives (2).

Par un aperçu d'ensemble des questions concernant le roulement des machines-locomotives et des équipes, les administrations seront en mesure de comparer les résultats (rendement des machines, etc.) et de remédier aux difficultés qui se présentent dans le service de l'exploitation.

Pour terminer, nous ferons remarquer que l'Institut international de statistique, dans son Congrès de Londres en août 1905, considérant que, d'après les résultats obtenus, la feuille de route ou bulletin de parcours, attaché à chaque véhicule, c'est-à-dire wagon ou locomotive, constitue une base sérieuse d'une statistique nationale et internationale des moyens de transport, appelle l'attention des administrations de chemins de fer d'Etat ou privés sur ce système.

---

(1) Voir détails dans la *Revue générale des Chemins de fer*, décembre 1904.

(2) Voir *Revue générale des Chemins de fer*, mars 1905.

**M. A. Faquineto**, délégué du Gouvernement espagnol. — Son Excellence M. de Wendrich a bien voulu m'expliquer personnellement le système de contrôle qu'il vient de faire connaître à l'assemblée. J'estime ce système très intéressant et je me permets de le recommander à l'attention des membres du Congrès. En Espagne notamment, nous constatons journellement la nécessité de réaliser une meilleure utilisation du matériel roulant des chemins de fer et d'arriver avec plus de rapidité, d'économie et d'exactitude qu'aujourd'hui, à l'obtention de données statistiques sur le transport des marchandises. Dans cet ordre d'idées, j'estime qu'il y aurait lieu d'inscrire la proposition de S. E. M. de Wendrich à l'ordre du jour du prochain Congrès.

**M. L. Janssen**, Président de l'Union internationale. — Nous enregistrons la communication de S. E. M. de Wendrich, et reconnaissons volontiers toute l'importance de la question.

Le rôle de l'Union internationale est bien de codifier tout ce qui présente un intérêt général pour les tramways et les chemins de fer d'intérêt local. Il me semble cependant que le terrain sur lequel s'est placé S. E. M. de Wendrich ressort plutôt du domaine des grands chemins de fer dont l'Union internationale n'a pas à se préoccuper.

Quoi qu'il en soit, le Comité de direction de notre association tiendra compte de la proposition de S. E. M. de Wendrich, à laquelle s'attache l'autorité de son nom, et examinera dans sa prochaine séance, dans quelle mesure il sera possible de tirer parti de sa motion pour les exploitations de chemins de fer d'intérêt local.

**S. E. M. de Wendrich**, Délégué du Gouvernement russe. — Je reconnais volontiers le bien fondé de l'observation de M. le Président de l'Union internationale au sujet des limites du domaine d'investigations de l'association. Je me permets cependant de faire observer que, surtout dans les petites exploitations de chemins de fer, la simplification des services est encore plus urgente que pour les grandes compagnies, cette simplification étant de nature à amener une importante économie dans les dépenses : grâce au contrôle automatique obtenu au moyen de feuilles de route, le personnel se trouve dans l'obligation de tirer le maximum d'utilité des véhicules mis à sa disposition.

**M. L. Janssen**, Président de l'Union internationale. — Je remercie encore une fois S. E. M. de Wendrich de sa proposition, et je ne manquerai pas de la soumettre à la prochaine séance du Comité de Direction de l'Union internationale.

Messieurs, la seconde séance du Congrès va être levée; avant qu'elle le soit, permettez-moi de me faire votre interprète pour remercier vivement notre Président, l'honorable M. Salmoraighi, de la façon dont il a conduit les débats, c'est-à-dire avec un tact et une habileté qui nous ont tous charmés. (*Vifs applaudissements.*)

**M. le Président.** — Je ne crois pas avoir mérité les paroles élogieuses que vient de m'adresser M. Janssen et que vous avez bien voulu souligner de vos applaudissements. Quoi qu'il en soit, je vous en remercie sincèrement et vous en suis profondément reconnaissant.

*La séance est levée à 12.40 heures.*

---

*Le soir du mardi 18 septembre, M. l'ingénieur Semenza, Inspecteur des Services électriques de la Société générale Edison d'électricité, donna à l'usine de la Porta Volta de la Société Edison, une conférence sur les « Turbines à vapeur dans leurs applications à la traction électrique ».*

*Cette conférence, illustrée de nombreuses projections lumineuses, est reproduite ci-contre :*

## **Les turbines à vapeur dans leurs applications à la traction électrique.**

---

**Conférence donnée par M. GUIDO SEMENZA, Ingénieur-Electricien,  
Inspecteur Général des Services électriques de la Société Générale Edison d'Electricité,  
à l'Usine de la Porta Volta de la dite Société.**

---

« MESDAMES ET MESSIEURS,

A l'occasion du Congrès international de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, la Société Générale Edison d'électricité a tenu à vous faire visiter une de ses usines, l'usine de la Porta Volta dont la principale nouveauté consiste dans l'utilisation de turbines à vapeur pour la production de la force génératrice.

Le Comité de Direction de l'Union internationale m'a fait l'honneur de me demander de vous parler, à cette occasion, de ces nouveaux générateurs d'énergie qui ont si rapidement envahi les stations centrales modernes et de vous donner quelques détails sur leur emploi, spécialement au point de vue de la traction électrique.

Ce n'est certes pas sans une certaine appréhension que j'ai consenti à aborder ce thème devant vous ; il s'agit en effet d'une matière toute neuve encore, d'un domaine jusqu'ici peu exploité, mais dont l'évolution a été cependant des plus rapides ; de plus les données que l'on peut recueillir aujourd'hui sur la question, sont encore rares et incertaines, et trop aisément la vérité provisoire d'aujourd'hui risque d'être démentie par les faits mieux constatés de demain.

Tout d'abord, je désirerais vous enlever l'illusion que vous allez entendre ici un rapport développé sur la matière. Je ne vous ferai qu'une simple causerie ; le « morceau principal » sera constitué par les turbines à vapeur que vous allez visiter dans quelques instants ; ce que je vous dirai, ne sera qu'une sorte d'introduction, ou plutôt d'ouverture, à votre visite ; et de même que l'ouverture d'un opéra n'a d'autre but que d'exposer, logiquement groupés, les principaux thèmes de l'œuvre, de même je me contenterai de vous faire connaître les principales notions que nous possédons aujourd'hui sur ce petit moteur à grande vitesse qui menace de frapper de mort la descendance mastodontique de la machine à vapeur de James Watt ; je vous présenterai ces notions dans un ordre particulier qui répond aux exigences de votre industrie.

Si nous nous reportons aux premières centrales électriques de traction, nous y trouvons généralement des dynamos de 100 kilowatts à 500 volts ; des machines à vapeur horizontales ou verticales commandent ces dynamos par l'intermédiaire de courroies ; parfois, mais bien rarement cependant, une dynamo est accouplée à un moteur à grande vitesse, de Willans, de Bellis, de Tosi, par exemple.

Vinrent ensuite les générateurs de plus grandes dimensions et à vitesse plus lente ; ces générateurs pouvaient être plus facilement accouplés directement à leurs moteurs ; ces derniers grandissaient naturellement en même temps que les dynamos qu'ils devaient faire tourner.

Mais les réseaux de tramways continuant à s'étendre chaque jour davantage, il fallut faire un nouveau pas en avant, car la tension de 500 volts n'atteignait plus l'extrémité des lignes ; les usines génératrices produisirent alors le courant triphasé à haute tension, qui était soit utilisé directement pour la traction, soit envoyé dans des sous-stations le long des lignes pour y être converti en courant continu.

Dès lors, l'emploi de groupes générateurs plus puissants s'imposait : de 1000 kilowatts, limite d'alors des générateurs à courant continu, on passe bientôt à 3000, à 5000 et à 10.000 kilowatts.

Cette augmentation successive de puissance devait naturellement donner aux moteurs des dimensions considérables ; s'ils étaient horizontaux, ils étalaient leurs volumineux cylindres sur le pavé des salles ; s'ils étaient verticaux, leur structure métallique et massive s'élevait jusqu'à la toiture des usines.

D'autre part, les constructeurs de ces moteurs perfectionnaient sans cesse leurs machines, car les électriciens, ayant désormais d'excellents instruments de mesure, étaient en état d'afficher des prétentions à des garanties sérieuses ; ils commencèrent à contrôler avec précision la consommation de combustible et à forcer les constructeurs à mieux étudier les moyens de diminuer les pertes.

Les dernières années du siècle qui vient de finir, ont été notamment caractérisées par les rapides progrès dans la construction des moteurs à gaz. Ceux d'entre nous qui ont eu l'occasion de visiter l'Exposition de Dresde en 1903, ont dû être frappés des perfectionnements apportés par les constructeurs à ces nouvelles machines, perfectionnements tels que, dans certaines centrales, on pratique aujourd'hui normalement ce que, il y quelques années, l'on considérait comme chose impossible, c'est-à-dire la marche en parallèle avec des moteurs à gaz. Une plus grande économie de combustible, le fait d'être sans retard en état de fonctionner au premier appel semblaient devoir assurer un grand succès à ce genre de moteurs.

D'une part donc, la machine à vapeur était arrivée à un haut degré de perfection ; de l'autre, le moteur à gaz se préparait à prendre une place importante sur le marché. C'est alors que l'attention du monde technique fut tout à coup sollicitée par l'apparition des turbines à vapeur, qui, sitôt après le succès de Parsons avec sa Turbinia, commencèrent à se montrer timidement.

Considérées d'abord avec défiance et d'un œil sceptique, c'est à peine si l'on put constater qu'au point de vue du rendement, elles ne s'éloignaient guère des moteurs à piston ; elles ne purent capter la confiance que des plus audacieux ; on les vit cependant s'aligner modestement, presque insidieusement même, auprès des colosses qu'elles tentaient à détrôner ; et aujourd'hui, après une des plus rapides évolutions que connaisse l'histoire de l'industrie, les colosses vaincus fuient devant la nouvelle venue.

N'est-il pas surprenant de constater que la première fois que l'homme essaya de mettre à profit l'énergie renfermée dans la vapeur d'eau, ce fut une turbine qu'il construisit à cet effet ? Vous vous rappelez certes tous avoir lu dans les traités de physique la description de la fameuse Eulypile d'Héron. Ce savant de l'antiquité, qui vivait à Alexandrie plus d'un siècle avant l'ère chrétienne, doit sans conteste être considéré comme le premier inventeur de la machine à vapeur.

L'appareil (fig. 1) qu'il imagina se composait d'une sphère creuse en bronze, portée par deux tourillons creux ; cette sphère étaient munie de deux petits tubes recourbés, situés aux deux extrémités de son diamètre de rotation. Une petite chaudière, dans laquelle bouillait de l'eau, envoyait la vapeur dans la sphère à travers l'un des tourillons, et cette vapeur s'échappant par les tubes recourbés, provoquait la rotation de l'appareil. Ce n'était ni plus ni moins qu'une turbine à vapeur à distributeur rotatif.

Beaucoup plus tard, en 1629, un Italien, Giovanni Branca, imagina à son tour une turbine à vapeur basée sur un principe différent. La figure 2 représente le moteur

de Branca : un générateur soufflait la vapeur sur les palettes d'une roue qui, en tournant, actionnait des marteaux-pilons.

Cette turbine à vapeur se rapproche déjà beaucoup plus des turbines modernes.

Les premiers triomphes de la machine de Watt ne firent pas perdre de vue la turbine à vapeur ; dans le fébrile travail de leurs recherches, l'armée des inventeurs sentait confusément l'illogisme d'une solution qui, pour convertir une pression con-

tinue en un mouvement rotatif, s'astreignait à passer par un mouvement alternatif.

Et, en effet, en 1884, lorsque Parsons prit son premier brevet, on ne comptait pas moins de 150 autres brevets s'appliquant aux turbines à vapeur ; aucun de ces nombreux brevets cependant n'eut de suites pratiques.

Tant au point de vue de la construction qu'au point de vue de la technique, la turbine à vapeur est une machine des plus simples ; elle demande cependant à être construite avec une très grande précision ; de plus, ses éléments doivent être calculés avec une connaissance parfaite des lois de la thermodynamique.

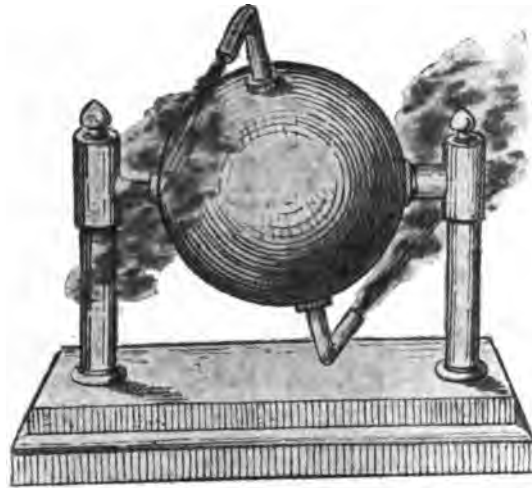


Fig. 1. — Eulypile d'Héron.

Peut-être bien ces connaissances et ces moyens faisaient-ils défaut aux inventeurs d'avant 1880 ; il n'y a en effet que peu d'années que d'une part l'étude approfondie des machines à vapeur a révélé quelques-uns des secrets les plus importants de la thermodynamique ; que d'autre part les machines-outils sont arrivés au degré de perfection qu'ils ont atteint aujourd'hui. En outre, le monde industriel d'alors n'était pas encore préparé à l'emploi de moteurs à grande vitesse comme le sont nécessairement les turbines.

Cependant il était indispensable que l'électrotechnique se développât, que la dynamo devînt la machine universelle et que vinrent à surgir les grandes centrales de production d'énergie électrique, pour que la turbine trouvât son emploi ; il fallait, en un mot, qu'il se formât ce que nous pourrions appeler un ambiant scientifique et industriel pour que le nouveau germe pût se développer à l'aise. Tout cela ne suffisait cependant pas encore, ou tout au moins tout cela n'eût pas rendu si rapide le succès de la turbine ; il fallait encore qu'au moment opportun se rencontrassent des inventeurs d'élite, dignes de l'œuvre, c'est-à-dire des hommes intelligents, pleins de confiance dans le succès de leurs recherches, et surtout très patients. Tels furent Parsons et De Laval : pendant de longues années, ils travaillèrent dans le silence de leurs laboratoires, éliminant un à un, sans se lasser jamais, les inconvénients qui pouvaient affecter le rendement ou le bon fonctionnement de leurs machines ; aussi l'industrie moderne, si elle veut être juste, doit-elle reconnaître l'ample tribut de reconnaissance qu'elle doit à ces deux apôtres de la turbine à vapeur.

De Laval fut le premier qui produisit une machine pratique ; il n'obtint cepen-

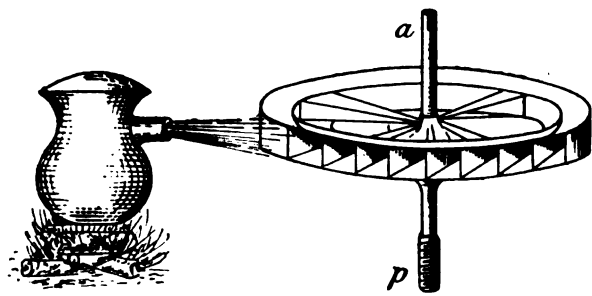


Fig. 2. — Roue à vapeur de Giovanni Branca (1629)

dant qu'un succès médiocre, car il n'arriva qu'à construire des turbines dépassant 100 chevaux et marchant à une vitesse minimum de 15.000 tours, à une époque où son compétiteur Parsons en construisait déjà de 3.000, voire même de 4.000 chevaux et dont la vitesse était réduite à un millier de tours par minute.

L'intervention d'un autre homme génial auquel le courage n'a pas fait défaut, ne doit pas être passée sous silence : Brown parvint à faire comprendre à l'industrie tous les avantages qui résultaient de l'emploi de ces nouvelles machines. En fondant la société « Brown-Boveri-Parsons », en confiant la construction des turbines à une usine où il était certain de trouver de grandes garanties de perfection de travail, il marqua le prélude de la marche triomphale de la turbine à vapeur, marche dont Elberfeld, Francfort, Milan, Turin furent les premières étapes.

Depuis lors, tous les constructeurs de machines, tous les producteurs de dynamos électriques se mirent à inventer des turbines ; et aujourd'hui pour chacun de ces industriels, c'est en quelque sorte une sorte d'obligation morale d'avoir une turbine de leur propre invention. En un mot, la turbine est devenue la machine à la mode, et si le directeur d'une entreprise vous annonce aujourd'hui qu'il a fait une commande de machines à piston pour agrandir sa centrale, vous ne pourrez vous empêcher de le regarder comme s'il revenait de la lune !

Habitué que nous sommes au fonctionnement des machines à piston, dans lesquelles le cycle de Carnot s'effectue dans des périodes successives et distinctes, nous n'arrivons que difficilement à comprendre comment un pareil cycle d'opérations peut se produire dans une turbine, d'une façon tout à fait continue.

Nous savons fort bien que, pour utiliser l'énergie contenue dans la vapeur sous pression, il faut permettre à cette vapeur de se détendre ; mais, au premier abord, nous ne comprenons pas trop bien comment la chose peut se produire dans une turbine. Aussi je crois être agréable à la majorité de mes auditeurs, en cherchant en peu de mots, sans formules et sans discussions théoriques, à éclaircir ce point obscur.

Considérons une turbine à vapeur (fig. 3) : elle se compose d'une roue sur la périphérie de laquelle on a taillé des aubes ; en face de ces aubes aboutissent deux ou plusieurs tuyères destinées à leur amener la vapeur. Si nous examinons la forme intérieure d'une de ces tuyères, nous constatons qu'elle n'est pas cylindrique, mais bien conique, c'est-à-dire que sa section transversale augmente progressivement à partir de la prise de vapeur jusqu'à son extrémité sur la périphérie de la roue. Il s'ensuit donc que la vapeur, qui entre sous pression à l'une des extrémités de la tuyère, augmente de volume, se détend à mesure qu'elle procède vers la roue ; en d'autres termes, elle convertit son énergie potentielle en énergie cinétique. Si la forme donnée à l'ajutage est telle que, pendant son trajet, la vapeur puisse se détendre complètement, elle arrivera à la sortie à une pression égale à celle de l'ambiant dans lequel se trouve la roue, et ainsi l'énergie potentielle qu'elle possédait à son entrée dans l'ajutage, se trouvera complètement transformée en énergie cinétique ; or, la densité de la vapeur étant très faible, la vitesse sera très grande, de sorte que, projetée sur des aubages convenablement dessinés, cette vapeur leur abandonnera la plus grande partie de sa force vive et ne quittera la roue qu'à une vitesse absolue très réduite.

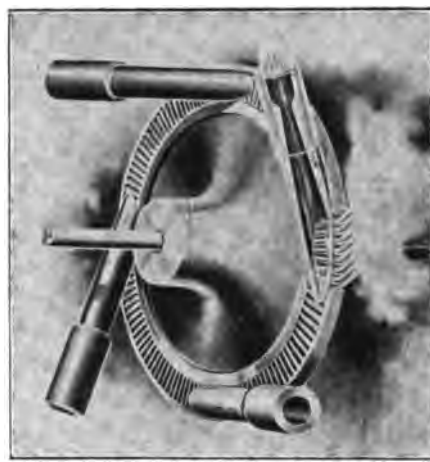


Fig. 3.

Vue perspective d'une turbine De Laval

Ce qui précède est vrai en théorie, mais en pratique, l'ajutage a une forme généralement plus compliquée.

Je crois inutile de vous démontrer ici que le meilleur rendement de la turbine est obtenu pour une vitesse d'aubages égale à la moitié de celle du fluide qui les met en mouvement; je me bornerai donc à vous dire que la vitesse de la vapeur à la sortie de l'ajutage étant de l'ordre de 1000 mètres à la seconde, il en résulte une vitesse périphérique des roues de 400 à 500 mètres à la seconde.

Pour diminuer la vitesse angulaire, il faudrait recourir à des roues d'un très grand diamètre; or, le diamètre limite est donné par la résistance des matériaux à la force centrifuge.

Dans le type des turbines que nous venons de décrire et qui sont dites turbines à action simple, il est facile d'éviter les fuites de la vapeur, car de chaque côté des chambres des roues, la pression correspond à celle du condenseur; il s'agit donc plutôt d'empêcher l'entrée de l'air.

On peut cependant imaginer un autre mode d'action de la vapeur; celui, par exemple, où la détente ne se ferait pas complètement dans le distributeur; dans ce cas, la roue est construite de façon à ce que la détente s'achève dans les aubes elles-mêmes. Le diagramme très simple, représenté par la figure 4, montre clairement la différence qui existe entre ces deux modes : le premier s'appelle, comme nous venons de le dire, mode par action; le second, mode par réaction. Ainsi qu'on peut le voir par l'examen des figures, dans le premier cas la détente s'effectue entièrement dans le distributeur; dans le second, elle a lieu en partie dans le distributeur, en partie dans les canaux formés par les aubes de la roue mobile; de la position de la ligne horizontale de séparation dépend le degré de réaction de la turbine.

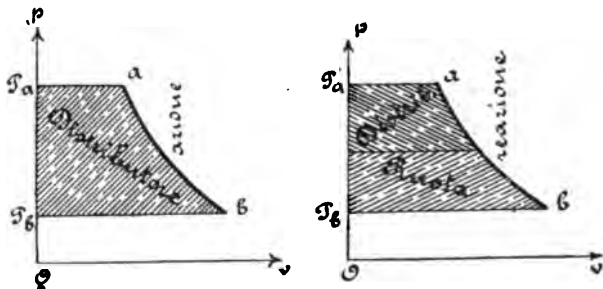


Fig. 4. — Diagrammes de vapeur d'une turbine à action et d'une turbine à réaction.

Contrairement à ce qui se passe dans une turbine à action, la vapeur, dans une turbine à réaction, lorsqu'elle passe du distributeur à la roue, se trouve encore à une tension relativement élevée; dans ce cas, le problème des fuites de vapeur devient une difficulté sérieuse; d'autre part, il est aisé de démontrer que, dans les turbines à réaction, la vitesse périphérique de la roue doit être supérieure à celle d'une turbine à action de même importance.

Parsons se décida pour la construction de la turbine à réaction. Il surmonta les difficultés auxquelles nous venons de faire allusion en adoptant un type de turbines multiples et en perfectionnant les détails de construction de façon à éliminer autant que possible le jeu entre les organes en mouvement.

Sa turbine (fig. 5) se compose essentiellement d'une chambre de forme allongée et d'un tambour. Chambre et tambour comportent un grand nombre de rangées d'aubages; les aubages du tambour ont leurs extrémités très voisines de la surface intérieure de la chambre; de même celles de la chambre se trouvent très voisines du tambour. La chambre ou distributeur et le tambour ou roue se composent tous deux d'une série de cylindres de diamètres croissants.

La vapeur pénètre dans la machine du côté des plus petits diamètres et passe des aubages fixes aux aubages mobiles. A mesure qu'elle avance, elle rencontre des aubages de plus en plus longs qui lui offrent une section de passage de plus en plus grande; c'est ainsi que, dès la première rangée d'aubages de distribution, commence la détente, laquelle s'achève graduellement de rangée en rangée; à chaque passage,



la vapeur perd de sa pression et augmente de volume ; par suite, elle abandonne une partie de son énergie cinétique aux aubages mobiles.

Ce fractionnement de la détente a pour but de réduire la vitesse de rotation, car celle-ci ne résulte plus que des chutes partielles de tension ; d'autre part, ce fractionnement contribue à assurer une étanchéité plus parfaite. La seule issue que pourrait trouver la vapeur entre le distributeur et le condenseur, est constitué par un long espace annulaire de quelques dixièmes de millimètre de hauteur ; cet espace cependant est suffisant pour laisser échapper une notable quantité de vapeur et, en fait, la perte serait importante si la turbine ne tournait pas ; il y a lieu d'admettre ici que, lorsque la turbine tourne, la force centrifuge repousse la vapeur et les gouttelettes d'eau contre les parois, ce qui assure une étanchéité presque parfaite.

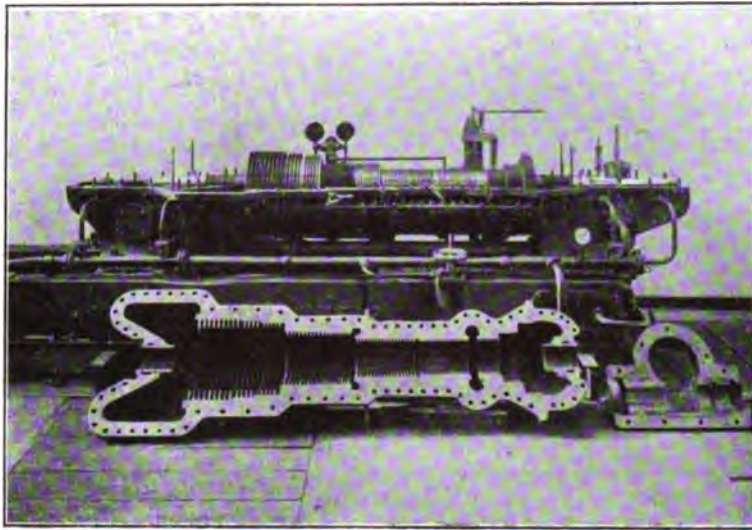


Fig. 5. — Vue d'une turbine Brown, Boveri-Parsons,  
le couvercle enlevé

Je ne puis, sans entrer dans des détails qui nous conduiraient trop loin, décrire ici le système mis en œuvre pour empêcher la vapeur de s'échapper par les coussinets et les moyens employés pour contrebalancer la poussée axiale. Je me contenterai de vous rappeler seulement que, dans le type de turbines que nous examinons, la vapeur n'est pas admise d'une manière continue, mais sous forme de poussées se produisant au nombre de 120 à 200 par minute ; ces poussées sont obtenues au moyen d'un système d'excentriques ouvrant et fermant tour à tour la valve d'admission avec la fréquence que nous venons d'indiquer. Le réglage s'effectue en augmentant ou en diminuant la durée de chaque admission.

Toutes les turbines qui fonctionnent aujourd'hui, peuvent être ramenées aux deux types fondamentaux que nous venons de décrire ; on a varié la forme des distributeurs et celle des roues ; on a donné un degré plus ou moins grand de réaction ; on a essayé divers modes d'étanchéité pour la vapeur, mais on n'est pas allé plus loin.

Nous avons dit tout à l'heure qu'il n'existe pas de différence de principe au point de vue de l'utilisation de la vapeur dans les turbines et dans les machines à piston. En pratique, cependant, il existe une différence qui mérite d'être signalée.

Le diagramme théorique du fonctionnement de la vapeur dans la transformation de l'énergie est indiqué schématiquement sur la figure 6 par le tracé  $P_a a b$ ,  $P_b$ . Dans la machine à piston, ce diagramme ne peut pas être poussé jusqu'aux dernières limites de la détente car, pour y arriver, il faudrait donner au cylindre à basse pression des dimensions incompatibles avec le coût et le rendement de la machine ; nous devons

donc nous borner, par exemple, à la ligne  $d e$ . Il en est autrement dans les turbines où la détente est presque entièrement utilisée et le diagramme peut être poussé jusqu'au point  $b$ .

Supposons maintenant que nous arrivions dans les deux cas à réaliser un vide plus parfait. Nous aurons alors un diagramme qui pourra être  $P_a a c P_c$ ; celui qu'utilisera la machine à piston sera augmenté de la surface  $P_b e f P_c$ , tandis que celui de la turbine augmentera de la surface  $P_b b c P_c$ . La différence est, comme on le voit, assez sensible et explique pourquoi, dans une turbine à vapeur, un bon vide est plus important que dans le cas d'une machine à vapeur ordinaire.

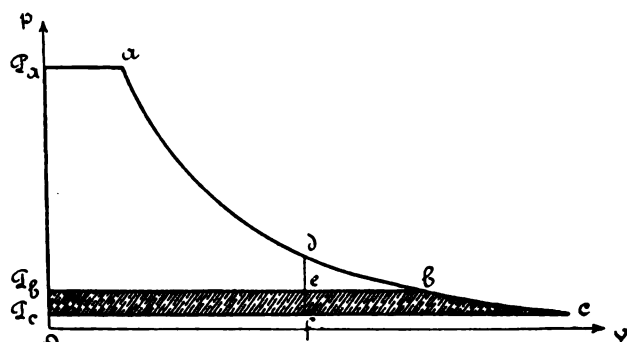


Fig. 6. — Importance de la condensation dans les moteurs à piston et dans les turbines.

Après vous avoir ainsi indiqué dans leurs traits les plus saillants, les caractéristiques de fonctionnement des turbines, nous passerons rapidement en revue les types principaux se trouvant actuellement sur le marché.

Nous vous avons déjà parlé du principe de la turbine de De Laval. Cette turbine possède une particularité sur laquelle nous croyons utile d'attirer votre attention : nous voulons surtout parler de l'arbre. Par suite de la très grande vitesse de ce type

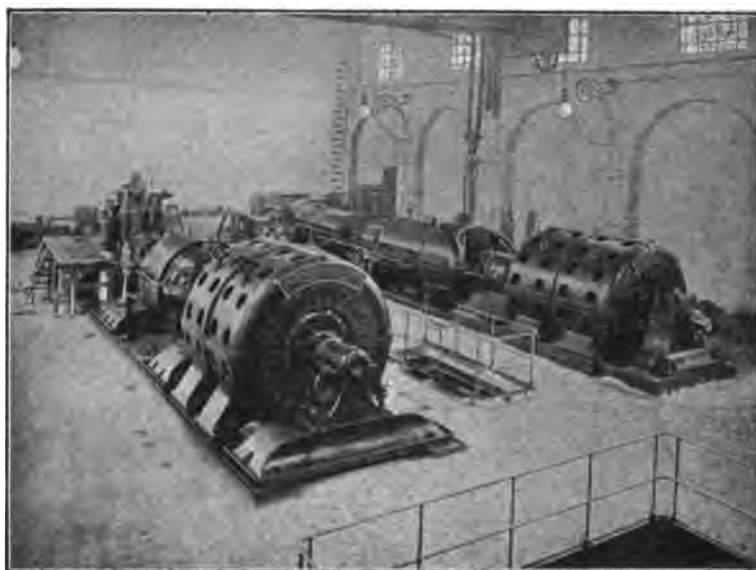


Fig. 7. — Turbo-alternateur de 3.000-5.000 HP. de la Station centrale « Porta-Volta », de la Société générale italienne Edison, à Milan.

de turbines et aussi de la nécessité d'y employer des engrenages, le problème de l'arbre présentait de sérieuses difficultés par le fait que, dans une turbine de ce genre, l'équilibre gyroscopique doit atteindre une précision tout à fait extraordinaire. De Laval a résolu ce problème d'une manière très originale et ce, au moyen d'un véritable paradoxe, c'est-à-dire en affaiblissant l'arbre pour le rendre plus résistant ; considérant qu'à l'énorme vitesse de 20.000 tours par minute, l'effort sur l'arbre se réduit à quelques grammes par cheval, il imagina de donner à cet arbre une section très

petite ; dans ces conditions, au lieu d'être presque rigide, l'arbre devient flexible, et s'adapte ainsi parfaitement aux légères inégalités d'équilibre qu'il doit supporter.

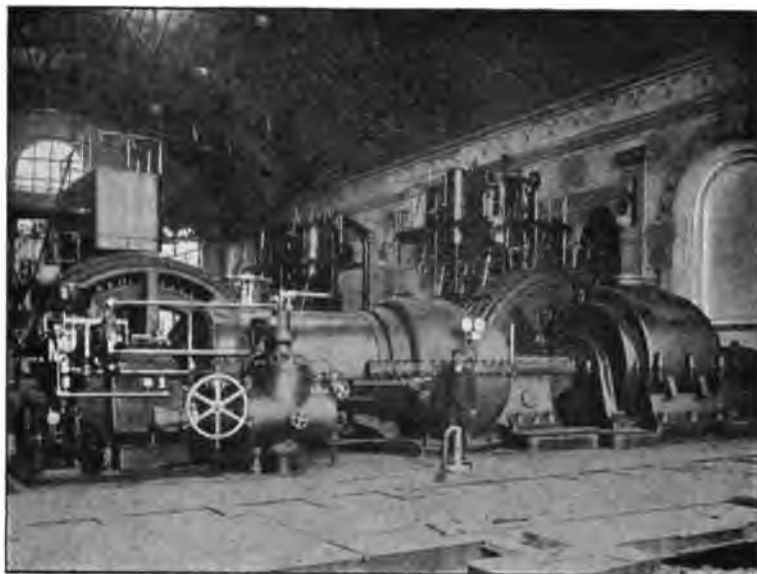


Fig. 8. — Turbo-alternateur de 10.000 HP.  
installé à l'Usine électrique Rhénano-Westphalienne, à Essen-Ruhr.

Les turbines De Laval n'ont pas joui d'une bien grande diffusion, et dans le cas spécial des Centrales pour traction électrique, elles ne présentent guère d'intérêt.

Nous avons déjà dit quelques mots de la turbine Parsons : nous ajouterons qu'actuellement la puissance totale installée des turbines de ce type s'élève à un



Fig. 9. — Turbo-alternateur Curtis de 5.000 kw.  
à 4 étages et à 514 tours à la minute.

million et demi de chevaux-vapeur. Elles sont fabriquées, avec quelques modifications par la Société Westinghouse, la Société Brown-Boveri, la Société Willans & Robinson, la Société Chalmer Allis, et d'autres encore. La fig. 7 montre l'installation

de turbines Parsons dans l'usine de la Porta Volta dans laquelle nous nous trouvons ; la fig. 8 représente une turbine Parsons de 10.000 chevaux installée à Essen.

La turbine qui s'éloigne le plus des types Parsons et De Laval, est la turbine Curtis (fig. 9 et 10) bien qu'elle ne soit en réalité qu'une combinaison des deux types. Sa particularité est d'avoir l'axe vertical et de porter la dynamo au sommet de cet

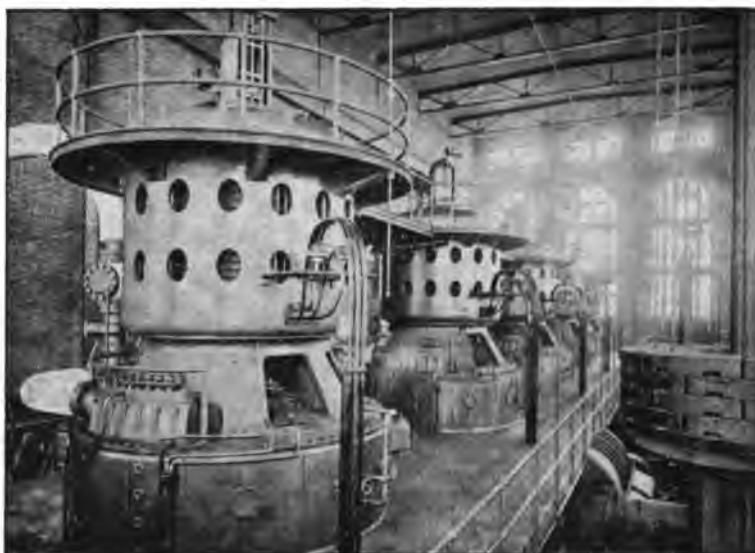


Fig. 10. — Turbo-alternateur Curtis de 2.000 kw. à 750 tours à la minute.

axe, dans le but évident de mieux restreindre l'espace horizontal. La turbine Curtis se compose de plusieurs tubines superposées dont chacune utilise une partie de la chute de tension. Grâce à cet artifice, on a pu réduire considérablement la vitesse de la machine ; il existe des turbines Curtis qui ne font que 500 tours à la minute. La construction de ces turbines est particulièrement remarquable : les aubes, tant du

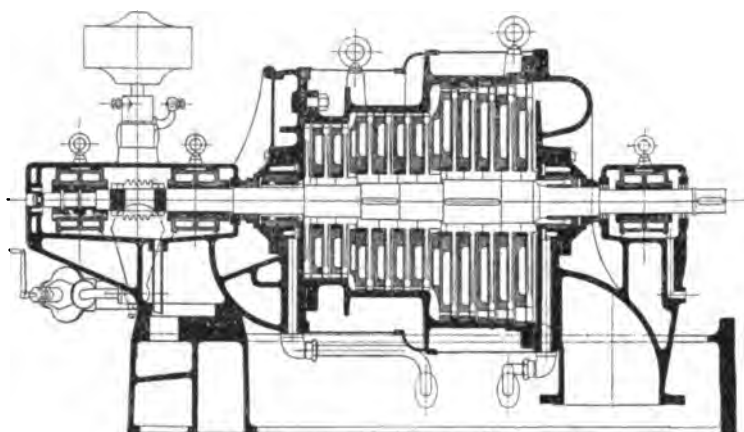


Fig. 11. — Coupe longitudinale d'une turbine à vapeur Oerlikon de 300 HP.

distributeur que de la roue, sont taillées dans le métal même, au lieu d'être appliquées comme dans les autres types.

Il faut convenir cependant qu'aujourd'hui la turbine Curtis ne se distingue pas beaucoup par l'économie de la consommation.

La turbine Rateau est également une turbine à action et à roues multiples.

Signalons en passant la turbine Oerlikon (fig. 11), la turbine Zoelly-Escher Wyss (fig. 12) et la turbine de l'Unione Elettrotecnica Italiana (fig. 13).

Cette dernière est à la fois une turbine à action et une turbine à réaction, généralement partagée en deux parties; elle a donné jusqu'ici d'excellents résultats



Fig. 12. — Turbine à vapeur Escher-Wyss.

et se caractérise par le fait que, si l'on doit pendant un certain temps travailler à faible charge, on peut la fractionner sans altérer de beaucoup son rendement.

Chacun des types que nous venons de citer et qui tous sont dérivés des types primitifs, a donné dans la pratique des résultats satisfaisants. Tous les constructeurs prétendent naturellement que le type de turbine qu'ils construisent, diffère

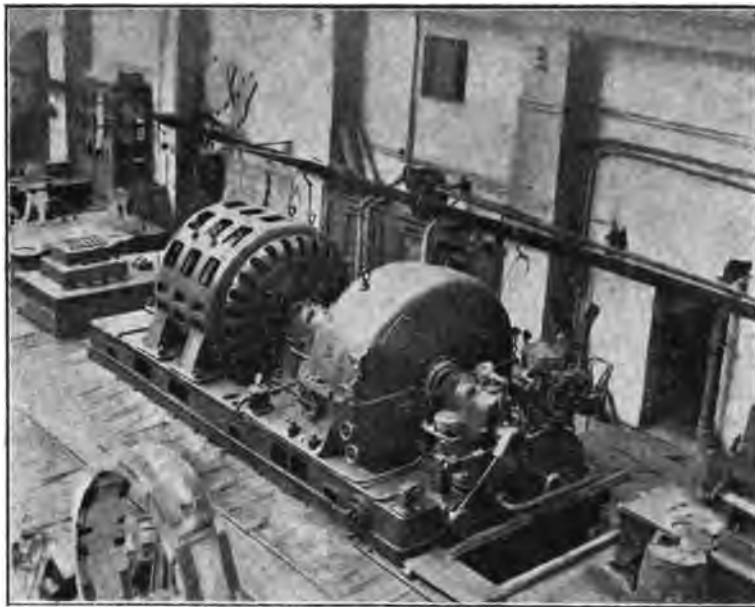


Fig 13. — Turbo-alternateur de 2.000 kw. de l'Unione Elettrotecnica Italiana.

énormément des autres et que de ce fait elle présente des avantages tout à fait spéciaux! Puissent-ils dire vrai! Convenons cependant que, si l'on examine dans leur principe même et dans leurs organes principaux les types existants, ces différences ne sont pas aussi apparentes qu'on veut bien le dire. Peut-être cependant existe-t-il des différences qui échappent à la fois à l'examen et à la possibilité de se faire breveter, différences qui dépendent du mode d'action de la vapeur dans l'intérieur de la turbine et qui constituent sans doute une sorte de secret de fabrication.

Quels sont donc les avantages de ce nouveau convertisseur qui transforme l'énergie potentielle renfermée dans les dépôts carbonifères en énergie mécanique et dont l'emploi permet de donner à la matière les formes si diverses de la production industrielle qui caractérise l'époque moderne ?

Ce genre de machines a, dès le début, inspiré une confiance si grande que, dans la plupart des cas, les commandes ont été passées sur la seule garantie des constructeurs ; ces derniers absolument dépourvus de données expérimentales, ne pouvaient s'appuyer que sur leurs prévisions. Aux Etats-Unis, par exemple, la General Electric Cy avait pour plus de 50.000 chevaux de commandes en turbines, avant qu'une seule de ces machines eut encore quitté ses ateliers de construction !

Quelles sont donc alors les raisons de ce triomphe si rapide ? Au fond de son être, l'homme, qu'il soit poète ou mécanicien, est toujours un esthète ; son admiration pour le beau a toujours une influence prédominante sur ses actes. Or, il existe une esthétique des machines et si nous essayons d'en définir la nature, nous trouvons qu'elle doit avoir comme base une correspondance parfaite entre les moyens d'action de la machine et le but auquel elle est destinée. Un mécanisme très simple qui résoud d'une façon parfaite le problème proposé, nous le trouvons beau naturellement ; il nous plaît de suite. Que telle ait été l'une des principales raisons du succès de la turbine, personne ne le contestera ; d'un seul coup, elle transforme la force élastique de la vapeur en mouvement rotatif, dédaignant l'intervention des intermédiaires accoutumés : pistons, bielles, manivelles, pièces à mouvement alternatif, cortège nécessaire, lourd et grotesque auquel on avait recours autrefois pour produire un mouvement alternatif que l'on transformait ensuite en mouvement rotatif. Il est clair qu'une telle simplicité frappe l'intelligence et rend au premier abord la turbine sympathique à l'ingénieur.

Et pourtant, cela ne suffit pas encore à expliquer le succès si rapide et si complet de la turbine !

Une grande simplicité de construction, réunie à un très petit nombre d'organes, sont certes des facteurs bien plus importants. Si la première impulsion de l'âme humaine est souvent poussée par le sentiment du beau, la seconde est le plus souvent dictée par l'intérêt. Or, plus le nombre des organes constitutifs d'une machine sera réduit, plus rares seront les probabilités d'accidents, et plus rapidement aussi seront exécutées les réparations ; les frottements se résument à ceux de deux ou quatre supports cylindriques, la lubrification des organes sera par là même simplifiée à l'extrême et, en fait, dans la turbine une petite pompe suffit à elle seule pour faire circuler l'huile avec la rapidité nécessaire. Tout cela se traduit naturellement par une grande facilité de conduite.

Songez au mécanicien chargé de la surveillance d'une de ces colossales machines verticales à piston ; voyez-le s'essouffler à monter et descendre l'échelle de fer, à tâter les pièces des manivelles en mouvement, à lubrifier des centaines de supports gros et petits, à serrer et à desserrer des écrous. Sa machine est pour lui un organisme vivant qu'il surveille et soigne avec amour.

Avec les turbines, rien de pareil ! Le mécanicien se promène autour de sa machine ; de temps à autre, il jette un coup d'œil sur les manomètres, ou bien il observe les thermomètres de l'huile de lubrification ; quelques gouttes d'huile au régulateur et sa besogne est faite. Aussi, bien souvent s'ennuie-t-il ! C'est au point que les bons mécaniciens n'aiment pas à conduire les turbines ; ils se croient humiliés d'avoir à surveiller des machines aussi peu dignes d'intérêt !

Un autre facteur de la rapide adoption des turbines est le peu de place qu'elles occupent. Sans tomber dans les exagérations coutumières aux Américains, nous devons cependant convenir que l'économie d'espace est loin d'être négligeable. Economie d'espace occupé, signifie économie du prix de revient dans l'installation et, partant, économie aussi dans l'exploitation.



Si le moindre espace occupé est un des avantages principaux des turbines, cet avantage devient parfois une question de vitalité, une condition *sine qua non* pour l'augmentation de puissance souvent nécessaire dans les centrales. C'est ce qui arrive par exemple aujourd'hui pour les centrales installées, il y a quelques années, aux confins

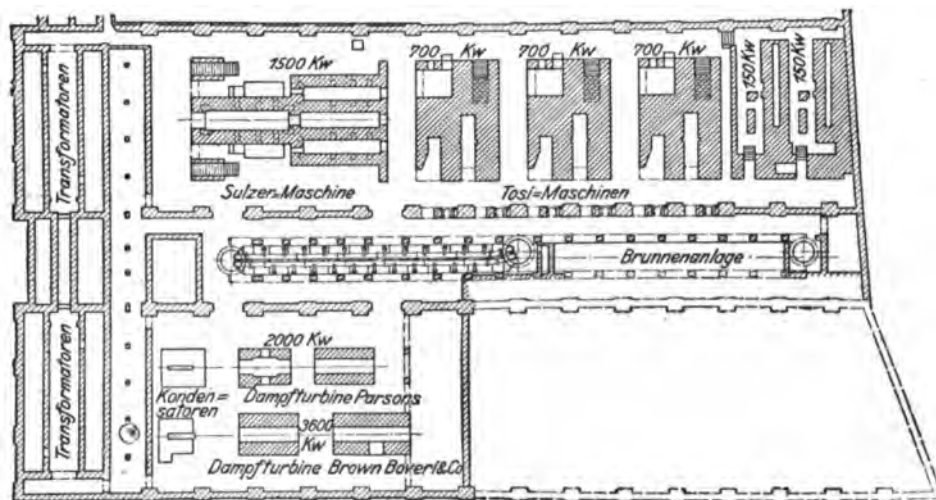


Fig. 14. — Plan des fondations de l'Usine de la Porta-Volta.  
(Société générale italienne Edison d'électricité, Milan)

des villes ; l'extension des agglomérations a fini par les englober dans leurs parties bâties ; pour ces centrales, la turbine à vapeur est bien souvent la seule ancre de salut.

Un simple coup d'œil sur le plan des fondations de l'usine de la Porta Volta (fig. 14), où nous nous trouvons en ce moment, montre bien le rapport des espaces



Fig. 15. — Société d'électricité de Paris, Centrale de Saint-Denis.  
4 turbo-alternateurs de 9.000 HP. chacun.  
Puissance totale de l'Usine : 90.000-100.000 HP.

occupés, à puissance de production égale, d'une part par les turbines à vapeur, d'autre part par les machines à piston. Dans la salle des anciennes machines, nous avons une installation de 4.500 kilowatts, tandis que dans la nouvelle qui est moins longue, nous avons déjà 5.600 kilowatts.

La figure 15 donne une vue de la centrale de Saint-Denis de la Société d'électricité de Paris. La puissance de cette usine sera de 90.000 à 100.000 chevaux.

D'autres avantages sont encore à signaler.

Contrairement aux machines à vapeur ordinaires, la turbine à vapeur ne connaît pas de point mort; chez elle, l'impulsion est continue; il en résulte une régularité de rotation parfaite; de plus, l'on évite ainsi ces pulsations périodiques des couples moteurs qui rendent souvent si difficile la marche en parallèle des alternateurs. Dans la turbine, la lubrification à l'intérieur de la machine est inutile; lorsque donc le condenseur est à surface, l'eau recueillie reste pure et peut être employée à nouveau dans les chaudières, car elle ne produit pas d'incrustations.

Un autre avantage encore résulte de l'absence d'huile dans l'intérieur de la turbine, ce qui permet de pousser la surchauffe de la vapeur à une température très élevée, sans endommager les machines.

Donc simplicité de construction, facilité de conduite et de surveillance, réduction de l'espace occupé, régularité parfaite dans le fonctionnement, telles sont les raisons principales du grand et rapide succès des turbines à vapeur.

Il ne faudrait cependant pas croire que les turbines à vapeur n'offrent aucun inconvénient; de même que tous les progrès réalisés par l'homme, elles présentent des qualités positives et des qualités négatives.

Tout d'abord leur vitesse excessive que nous avons déjà signalée. Par suite même de cette trop grande vitesse, la turbine à vapeur, sauf de rares exceptions, ne convient qu'aux génératrices électriques, et encore! Tant qu'il ne s'agissait que de faire tourner des dynamos de faible capacité, tout allait pour le mieux; mais il n'en était plus de même dès que l'on abordait les grandes puissances. Or, c'est précisément lorsque graduellement, on était arrivé à construire des génératrices électriques de très grande puissance que la turbine à vapeur fit son apparition sur le marché industriel.

Dans les machines à piston de grandes dimensions, la vitesse de rotation est limitée par la vitesse qu'il est possible de donner au piston; on devait dès lors construire des dynamos de proportions gigantesques, dont on pouvait voir une si belle collection à l'Exposition de Paris en 1900. Vous pouvez d'ailleurs contempler un type de ces dynamos gigantesques à cette usine même, dans la salle voisine.

La turbine obligea les constructeurs de dynamos à accomplir d'un seul coup une évolution, celle-ci n'était pas des plus faciles à réaliser: il fallait vaincre la réaction intérieure due à la forme particulière de ses génératrices, éliminer la chaleur due aux pertes et qui se trouvait concentrée sur de faibles masses, maintenir la force centrifuge dans des limites pratiques. Ce problème n'était guère facile à résoudre et réclama de la part des constructeurs de nombreuses études et essais; et, en conscience, il serait hasardeux d'affirmer qu'ils aient déjà complètement réussi, car ces alternateurs aux formes ramassées et allongées, ne sont pas électriquement aussi bons que les superbes machines-volant.

Les difficultés les plus grandes se rencontrèrent, et se rencontrent encore aujourd'hui, dans les générateurs à courant continu. Dès que l'on arrive à des types de puissance un peu élevée et à une tension de 500 volts, tous les défauts de la machine de Paccinotti s'accroissent; la marche régulière du collecteur réclame notamment des pôles supplémentaires et des circuits de compensation, le tout devant être concentré sur un espace très restreint. Ce problème était un véritable tour de force et donna du fil à retordre aux constructeurs.

Parmi les centrales qui, depuis quelques années, ont mis en service des génératrices à courant continu, j'en connais plusieurs qui ont eu beaucoup à se plaindre des ennuis que leur causaient ces dynamos. Il y a cependant lieu d'espérer que les nouveaux types construits dans ces derniers temps donneront de meilleurs résultats.

Autre inconvénient de la turbine à vapeur: elle réclame pour l'obtention d'une consommation de vapeur plus réduite, un vide plus parfait que les machines ordi-



naires ; c'est là un point sur lequel j'ai déjà appelé votre attention. Pour réaliser ce vide plus parfait, il faut non seulement une installation plus conséquente du condenseur, mais souvent aussi une dépense supplémentaire d'énergie. Cette augmentation dans le coût d'installation et dans les dépenses d'exploitation, absorbe en partie l'économie qui résulte du moindre espace occupé par la machine.

Quant à la consommation de vapeur, il est aujourd'hui avéré que les turbines à vapeur ne craignent pas la concurrence des meilleures machines à piston. Nous le constatons ici même, et j'ai d'ailleurs pu m'en convaincre par les renseignements qui m'ont été fournis par le questionnaire adressé aux membres de l'Union internationale par les soins du Secrétariat Général. Il résulte en effet de ces renseignements que dans la centrale de Heidelberg par exemple, la consommation de vapeur est de 11,2 kilos par kilowatt pour une turbine de 180 kilowatts ; qu'à la Société d'électricité du Pays de Liège, où trois turbines de 1.800 kilowatts sont installées, la consommation de vapeur par kilowatt n'est que de 7,4 kilos ; qu'à la centrale de Cologne, elle est de 7,15 kilos ; qu'elle descend à 6,7 kilos pour la turbine de 3.000 kilowatts des Tramways de Francfort, et enfin à 6,35 kilos à Vienne où pour le service des tramways sont installés deux turbo-générateurs de 6.000 kilowatts. Ces chiffres comprennent l'énergie employée pour la condensation et pour les excitatrices des groupes.

Ce sont là des données certes très rassurantes ; elles le deviennent encore davantage si l'on tient compte d'une considération que je vais me permettre de vous exposer.

Lorsqu'on procède à des essais de consommation d'une machine à piston, on prend généralement des précautions tout à fait spéciales. On commence par rectifier avec un soin méticuleux la distribution de la machine ; on desserre les écrous des pièces mobiles jusqu'à la limite du possible ; de plus l'huile pour la lubrification coule à flots. Un tel fonctionnement de la machine peut être qualifié de luxueux. En outre, les essais se font au moyen de l'indicateur de pression, instrument admirable si l'on veut, mais qui cependant laisse toujours l'ingénieur un peu sceptique quant à ses résultats. Enfin, on passe du cheval-vapeur indiqué au cheval-vapeur effectif par un coefficient que seul le constructeur est en état de fournir.

Un essai ainsi conduit — et c'est celui auquel on se rapporte quand on compare la machine à piston à la turbine, — correspond-il à la réalité ?

Je demanderai à mon tour : que devient la consommation d'une machine à piston qui a travaillé longtemps sans être démontée ?

Pour la turbine, les essais se font d'une tout autre manière. La lubrification est automatique ; on n'a point d'organes à régler ; on ne se sert pas de l'indicateur ; la machine travaille dans ses conditions normales et tout l'essai se réduit à mesurer, d'une part l'eau que l'on envoie dans la chaudière, de l'autre l'énergie électrique produite.

Cette différence entre les résultats des deux modes d'essais est tellement évidente que, lorsqu'on applique la seconde méthode à de bonnes machines à piston en marche normale, on risque parfois d'éprouver des désillusions tout à fait inattendues.

Nous pouvons donc tenir pour exacts les chiffres que nous possédons sur la consommation des turbines.

En ce qui concerne la consommation à charge partielle, on l'a souvent discutée ; mais on n'a peut-être pas toujours apporté dans le débat toute la sincérité désirable.

On a souvent affirmé que la courbe qui donne la consommation de la vapeur par kilowattheure diffère selon qu'il s'agit d'une machine à piston ou d'une turbine : dans les machines à piston, la courbe atteindrait son minimum vers les trois quarts de la puissance, tandis que dans la turbine, elle descendrait d'une manière continue et tendrait à devenir parallèle à l'axe des abscisses.

Il faut interpréter ces assertions d'une façon équitable. La machine à piston comporte une puissance bien définie qui est celle de la pleine admission, mais la puissance la plus économique est obtenue aux environs des trois quarts de cette charge.

Pour les turbines, il est, d'une manière générale, difficile de bien préciser sa puissance maxima; elle est donnée par le maximum de vapeur qui peut s'écouler à travers sa soupape d'admission et les orifices de ses organes; cette quantité de vapeur varie évidemment avec la chute de pression entre l'admission et le condenseur.

Il est bien vrai que, pour la turbine, les courbes de consommation par kilowatt-heure, telles qu'on nous les montre, tendent à devenir horizontales; mais, à mon avis, il n'est pas douteux que, poussées plus loin, elles remonteraient.

En dernière analyse donc, la courbe de consommation d'une turbine ne différerait pas notablement de celle d'une machine à piston, si l'on voulait les réduire toutes deux aux mêmes termes de comparaison. Ce qui est vrai toutefois, c'est que pour les faibles charges, la consommation spécifique croît plus rapidement pour les turbines que pour les autres machines.

Arrivés au point où nous en sommes, vous seriez en droit, Messieurs, de me reprocher de vous avoir promis de vous entretenir des turbines à vapeur dans leurs applications à la traction électrique; j'ai bien jusqu'ici parlé des turbines, mais n'ai encore dit aucun mot de la traction électrique. Vos reproches sont fondés; aussi je m'empresse de rentrer dans la voie que je m'étais moi-même tracée.

Tout d'abord, une question se pose : est-il possible que la turbine puisse jamais être appliquée directement à la traction? Telle que nous la connaissons aujourd'hui, cela ne me paraît guère probable. Pour être utilisée d'une manière économique, la turbine doit travailler à condensation, condition qui ne me semble pas facile à réaliser sur une locomotive. D'autre part, je dois vous avouer que j'ignore si, dans une turbine, l'effort de démarrage est très considérable. Enfin, l'emploi direct de la turbine pour la traction demanderait de toute nécessité, dans les organes de transmission, des réductions de vitesse qui ne sont pas à conseiller.

Toutes ces considérations nous amènent à conclure que, pour le présent du moins, la turbine comme instrument direct de propulsion, doit être réservé à la navigation : dans ce cas spécial en effet, on dispose d'une quantité d'eau suffisante pour la condensation, l'effort de démarrage est faible et, enfin, la turbine peut être employée à faire tourner les hélices à grande vitesse.

Quoi qu'il en soit, nous pouvons considérer la turbine comme générateur d'énergie dans nos centrales de traction.

Examinons en premier lieu, le cas où il s'agit de produire un courant continu à 500 volts qui serait utilisé directement par les tramways. Dans ce cas spécial, l'adoption de la turbine à vapeur ne me semble pas avantageuse.

Généralement parlant, les Centrales à turbines pour traction ne sont pas très considérables et ne renferment guère de fortes unités. Nous connaissons des turbo-générateurs à Worms, Fribourg, Berlin, Brême, Crefeld, Liège, Dusseldorf, Anvers, Glasgow, Leeds, et dans beaucoup d'autres villes encore; mais les turbo-générateurs employés dans ces centrales dépassent rarement 1000 kilowatts; le plus grand nombre n'atteint même pas 500 kilowatts.

Or, si les turbines à puissance limitée ne présentent guère d'avantages sur les machines à piston, la dynamo à courant continu, accouplée à une turbine est incomparablement plus difficile à desservir qu'une dynamo dont la vitesse est raisonnablement plus réduite.

Dans l'industrie des produits chimiques, nous trouvons des turbo-générateurs de grande puissance en assez grand nombre, mais ici il n'est plus besoin des 500 volts qui sont indispensables à la traction électrique.

Il est donc douteux, comme je viens de le dire, que la turbine à vapeur présente des avantages dans le cas de la production d'un courant continu à 500 volts. Plusieurs de mes auditeurs ont de tels turbo-générateurs dans leurs usines ; ils pourraient certes nous donner des renseignements intéressants à cet égard.

Passons aux Centrales servant à la production du courant triphasé, soit employé directement, soit envoyé dans des sous-stations plus ou moins éloignées pour y être converti en courant continu à 500 volts. Ces Centrales peuvent se subdiviser en plusieurs catégories : les unes n'alimentant qu'un service de tramways urbains ; d'autres une exploitation du type chemin de fer ; d'autres encore, à côté de leur service de traction, fournissent du courant pour l'éclairage et pour la force motrice.

Ces trois catégories de Centrales comportent des caractéristiques de service différentes.

Une station qui n'alimente qu'un service de tramways urbains, est caractérisée par un diagramme de charge uniforme et rempli ; la ligne contour de ce diagramme se présente sous la forme de dentelures de scie. La station qui alimente une exploitation type de chemin de fer, possède au contraire un diagramme excessivement varié dans sa ligne. Celle enfin qui comporte un service mixte, possède les caractères réunis des deux précédentes.

Examinons la marche de la turbine dans les trois cas. Constatons d'abord que la turbine jouit d'une propriété que nous n'avons fait qu'effleurer, bien qu'elle soit d'une très grande importance ; nous voulons parler de sa haute facilité de réglage. La vitesse d'une turbine se règle avec une précision bien supérieure à celle des autres machines. La figure 16, par exemple, montre le diagramme de réglage d'une turbine Oerlikon



Fig. 16. — Diagramme de réglage levé sur un turbo-alternateur de 400 kw. (Oerlikon).

*Lév.* : à vide.

*Lév. réglé.* : excité à vide.

de 400 kilowatts ; ce diagramme représente ce que le tachymètre enregistreur a noté pendant 3 et 20 minutes. Ainsi se comportent à peu près toutes les turbines.

Pour bien se rendre compte de la rapidité avec laquelle elles obéissent aux variations de l'admission de la vapeur, il suffit de considérer une turbine Parsons en marche. Comme je l'ai dit tout à l'heure, dans ces turbines l'admission de la vapeur n'est pas continue ; celle-ci procède par pulsations avec une fréquence de l'ordre de la centaine par minute.

Eh bien ! observez l'ampèremètre de la génératrice que commande cette turbine, et vous noterez pour l'aiguille un très léger mouvement de va et vient qui correspond exactement aux pulsations de l'admission. Cela revient à dire que la partie mobile du turbo-générateur subit également des pulsations avec la même fréquence ; en d'autres termes, que le turbo-générateur augmente et ralentit sa vitesse de rotation cent fois par minute. On voit donc combien la turbine est sensible au jeu du régulateur et jusqu'à quel point elle permet d'éviter les écarts excessifs de vitesse.

Cette propriété particulière aux turbines, est spécialement appréciée dans les usines de traction, car la charge y varie d'une manière continue ; surtout les centrales qui font un service mixte, réclament une tension aussi constante que possible.

Une autre propriété de la turbine est celle que lui procure son parfait degré de régularité de rotation. On ne connaît que trop les inconvénients rencontrés dans les sous-stations à convertisseur de courant, par suite des pulsations des moteurs à

piston. Quand une brusque variation de charge se produit et que la machine ne répond qu'imparfaitement à son régulateur, il arrive parfois que les moteurs synchrones ou les convertisseurs perdent la phase. L'emploi des turbines diminue ce danger.

Quant à l'économie de l'exploitation, les résultats diffèrent avec le type d'usines considéré.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que de la consommation de vapeur à pleine charge ou à charge moyenne, telle qu'elle nous est donnée par les essais. Mais, en général, l'industriel tient peu compte des résultats de cette nature; ce qui lui importe de connaître, c'est la quantité de combustible réclamé par son exploitation. Il ne faut d'ailleurs, jamais confondre la consommation aux essais et la consommation en marche normale. Je connais des Centrales où l'on emploie 2 kilos de charbon par kilowattheure avec les mêmes machines qui avaient donné aux essais une consommation de 900 grammes seulement; cette grande différence provient de ce que ces machines ne travaillaient que rarement à pleine charge; elles ne marchaient pendant de longues périodes qu'à des charges très réduites.

Sous le rapport de l'économie de consommation, les usines du premier type, c'est-à-dire celles qui n'alimentent qu'un réseau de tramways urbains, se trouvent dans d'excellentes conditions. D'un jour à l'autre, leur charge reste à peu près la même et leur diagramme est toujours rempli, car elles travaillent pour ainsi dire du matin au soir à charge constante. Aussi, lorsque les unités d'une telle usine ont été judicieusement choisies, l'exploitant arrive certainement à des consommations très basses.

Dans ce cas, l'emploi des turbines à vapeur peut devenir plus économique que celui des machines à piston et, étant donnés de plus les autres avantages qu'elles présentent, leur adoption est tout indiquée.

Les usines du second type, c'est-à-dire celles qui sont destinées à un service suburbain, se trouvent, au point de vue de la consommation, dans des conditions d'infériorité, surtout si le courant est employé directement sous forme de courant alternatif, ou quand on n'a pas recours à des batteries tampons. Dans ce cas, les machines ayant une bonne consommation à basse charge s'imposent.

Un point existe qui n'a pas encore été élucidé : c'est celui de la capacité de surcharges des turbines à vapeur. Si, par exemple, une turbine peut supporter, même au détriment de son rendement, une surcharge de 50 à 60 p. c. au-dessus de sa capacité normale, il serait dès lors possible, grâce à un choix judicieux de la puissance de la dynamo, d'obtenir encore des résultats économiques pour cette turbine. A cette fin, il faut que normalement elle travaille aux trois quarts de sa charge nominale; elle est alors capable de supporter des augmentations temporaires de 100 p. c.; il est évident que, dans ce cas, l'alternateur devrait avoir une puissance supérieure à celle qu'on lui donne généralement.

Le dernier cas, celui des usines mixtes, n'est pas de ceux qui comportent une discussion générale; le plus souvent ce cas se rapproche de celui des usines du premier type. Il est vrai que, pendant les soirées des mois d'hiver, la charge est très variable, mais cette condition ne se présente que pendant quelques mois de l'année seulement, de sorte qu'elle n'a pas toute l'importance que l'on serait tenté de lui attribuer au premier abord.

Lorsque, dans une même usine, on possède à la fois des turbines et des machines à piston, la bonne pratique industrielle veut que l'on fasse travailler d'ordinaire les turbines à pleine charge et que l'on couvre les pointes du diagramme avec les autres machines.

Telle qu'elle se présente aujourd'hui, la turbine semble donc, selon toutes les probabilités, destinée à continuer sa marche triomphale. Gardons-nous cependant

des exagérations et n'allons pas proclamer que les moteurs à piston, à gaz et à pétrole sont détrônés et définitivement enterrés. Il reste toujours à ces derniers le champ, toujours assez vaste d'ailleurs, des petites puissances et des faibles vitesses. La turbine à vapeur ne peut prendre la place du moteur majestueux que dans les grandes centrales électriques.

Et maintenant que nous connaissons la turbine moderne, quelles sont nos prévisions pour son avenir ? Sommes-nous arrivés à un point d'arrêt de plus ou moins longue durée, ou sommes-nous encore sur la rampe ascendante ?

Le triomphe de la turbine à vapeur s'affirmait à peine que déjà l'on songeait à la turbine à gaz. Puisque, disait-on, le moteur à explosion possède un rendement thermique supérieur à celui des moteurs à vapeur, la turbine à gaz devrait marquer un progrès sur la turbine à vapeur. On n'a jusqu'ici obtenu que de faibles résultats dans cette voie, où s'empressent les imaginations inlassables des inventeurs. La difficulté d'arriver à construire une machine dont tous les organes doivent résister à des températures élevées, celle d'obtenir une étanchéité parfaite, celle encore de faire évoluer convenablement les phases successives du cycle dans les aubes, toutes ces difficultés réunies, et peut-être d'autres encore que l'on ne peut entrevoir, font que la turbine à gaz qui nous surprendra peut-être demain, n'en est encore qu'à son stade initial.

Mais, me demanderez-vous, la turbine à vapeur est-elle susceptible de nouveaux perfectionnements ? Je le crois fermement. Et en effet, en dépit des progrès remarquables réalisés par la thermodynamique, il reste encore, dans le fonctionnement des turbines certains points obscurs. Si l'on compare une bonne machine à vapeur à une bonne turbine, on voit de suite que plusieurs des causes de perte d'énergie de la première manquent dans la seconde ; par exemple, toute l'énergie annihilée par les frottements des pistons, des presse-étoupe, des manivelles d'une machine ordinaire, etc. est économisée dans la turbine ; de plus, les pertes dues aux continuelles variations de température des parois sont éliminées ; enfin, la possibilité de mettre à profit une vapeur fortement surchauffée et se trouvant à une tension élevée, de même aussi une meilleure utilisation du cycle grâce à un vide plus parfait dans le condenseur, devraient assurer à la turbine l'avantage d'une beaucoup plus faible consommation de vapeur. Et pourtant les consommations des deux machines ne diffèrent pas sensiblement ; on est donc en droit de conclure que, pour la turbine, la perfection est loin d'être réalisée.

A mon avis, une grande partie des pertes d'énergie dans la turbine, doit être attribuée aux chocs des molécules de vapeur les unes contre les autres dans l'intérieur de la machine. Les théoriciens sont parvenus à calculer la vitesse de la vapeur et la surface à donner aux aubes ; mais ce qui se passe dans ce trajet si rapide que la vapeur doit accomplir en une fraction de seconde pour traverser les méandres compliqués des distributeurs et des roues, ne nous est pas encore suffisamment connu, pour que nous puissions tenir compte de ce facteur dans nos formules. On a fait à ce sujet des hypothèses très ingénieuses, mais c'est tout. Et si, comme le disait notre grand maître, Léonard de Vinci « il n'y a point de certitude là où l'on ne peut appliquer l'une des sciences mathématiques », nous avons de bonnes raisons de croire qu'il nous reste encore beaucoup à faire avant d'avoir obtenu de la turbine, tout ce qu'elle peut donner. Elle n'arrivera à l'apogée de son développement que le jour où tous les phénomènes qui s'accomplissent en elle, pourront s'exprimer par le centimètre, le gramme et la seconde.



## Troisième Séance

JEUDI 20 SEPTEMBRE 1906

(Ouverture de la séance à 9.20 heures.)

---

Présidence de M. SALDINI,

Assesseur de la Ville de Milan et Professeur à l'Ecole Polytechnique de Milan.

**M. L. Janssen**, Président de l'Union Internationale. — Au nom de notre Association, je prie M. l'Ingénieur Saldini, Assesseur de la Municipalité et Professeur à l'Ecole Polytechnique de Milan, de bien vouloir nous faire l'honneur de présider cette séance. (*Applaudissements.*)

**M. le Président.** — Je remercie bien sincèrement le Comité de Direction de l'Union de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, de l'honneur qu'il me fait en m'appelant à la présidence de la troisième séance du Congrès.

Je sais que cet honneur ne s'adresse pas à moi personnellement, mais bien à la Ville de Milan, qui a bien voulu me déléguer à votre Congrès. C'est dans cet esprit que j'accepte cette tâche pour laquelle je me sens très inférieur et pour l'accomplissement de laquelle je réclame toute votre indulgence. (*Applaudissements.*)

Je ne veux pas faire de plus long discours et vous propose, Messieurs, de nous mettre de suite au travail, d'autant plus que l'ordre du jour de cette séance appelle la discussion d'un certain nombre d'importantes questions.

Avant cependant de passer à l'ordre du jour, je donne la parole à S. E. M. le Général von Wendrich, Délégué du Gouvernement russe, qui désire ajouter quelques mots à la communication qu'il a faite à l'Assemblée à la fin de la seconde séance.

**S. E. M. de Wendrich**, Délégué du Gouvernement russe. — Quelques mots seulement au sujet de la communication que j'ai eu l'honneur de faire au Congrès lors de sa dernière séance.

Hier, à l'occasion de la belle excursion que nous avons faite sur le Lac Majeur et à Côme, j'ai eu l'occasion de faire la connaissance du Directeur de la Société du Chemin de fer du Nord-Milan. Il m'a fait voir la feuille de route qu'il a adoptée depuis bientôt trois ans pour le contrôle des wagons à marchandises étrangers roulant sur son réseau. Cette feuille de route a donné de très bons résultats pour les décomptes mutuels avec les exploitations voisines. (*L'orateur donne lecture de la feuille de route en usage à la Société du Chemin de fer Nord-Milan.*)

C'est en se basant sur ces feuilles de route que sont opérés les décomptes réciproques d'échange du matériel roulant avec l'Administration des Chemins de fer de l'Etat italien, qui en a reconnu aussi, paraît-il, tous les avantages.

Si la feuille de route était attachée à chaque wagon, elle constituerait en même temps une base sérieuse d'une statistique nationale et internationale des moyens de transport. Pareille statistique qui reposerait sur l'emploi de la feuille de route, serait un élément régulateur qui permettrait de contrôler tous les détails du service d'explo-

tation et d'améliorer ainsi les résultats économiques de toute entreprise de chemins de fer, surtout de chemins de fer d'intérêt local.

Je profite de l'occasion pour attirer votre attention sur un article des plus intéressants qui a paru dans le n° 49, anno 1905, d'une revue allemande, le *Centralblatt der Bauverwaltung*. Cet article, dû à la plume de M. Hanssen, Inspecteur d'exploitation à Berlin, est intitulé « Bildliche Darstellung des Wagenbestandes auf End- und Uebergangstationen » et démontre la nécessité de contrôler le long chômage des véhicules dans les gares. Il est à remarquer cependant qu'en Prusse le système de répartition et du contrôle du matériel roulant est bien compris en comparaison des autres pays.

Dans une autre revue allemande, le *Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen*, numéro du 26 août 1905, le même auteur, dans un article intitulé « Bildliche Darstellung des Laufes der Güterwagen », propose l'introduction de la feuille de route pour tous les wagons de marchandises. Cette feuille de route serait établie par le chef de train, et ce graphiquement, comme le graphique de la marche des trains. Pour un train composé par exemple de 60 wagons, le chef de train serait obligé d'établir en cours de route 60 graphiques, qui montreraient l'historique de l'utilisation de chacun des 60 wagons. C'est, à mon avis, trop demander.

J'ajouterai encore qu'en Italie, MM. Bonazzi et Pessina, du réseau de la Méditerranée, ont, depuis longtemps déjà, proposé d'introduire un contrôle mécanique de l'utilisation du matériel roulant.

L'exploitant doit toujours chercher à améliorer son service de façon à réduire le chômage des wagons et obtenir ainsi la meilleure utilisation de son matériel roulant. M. l'Inspecteur Hansen que nous venons de citer, a fait une étude spéciale du réseau d'Essen, le plus important de la Prusse, et a pu constater de longs chômages de wagons, surtout dans les gares d'échange et d'escale des trains, bien que cependant, comme je l'ai déjà dit, le système de répartition soit, en Prusse, mieux compris que dans tout autre pays. Cet auteur rend compte de ses recherches dans les articles que j'ai cités et arrive à conclure que les chômages sont trop longs, malgré cependant la bonne organisation du contrôle.

Il résulte donc de ce qui précède qu'il y a, pour les exploitations de chemins de fer, grande nécessité à introduire un mode uniforme pour le contrôle de l'utilisation du matériel roulant, les décomptes mutuels et la statistique; la feuille de route décrite par la *Revue générale des Chemins de fer et des Tramways* paraît le mieux remplir les conditions requises à cette fin.

Cette feuille de route simplifie beaucoup les écritures dans les gares, bureaux de contrôle, de statistique; elle facilite le travail du personnel des trains, ainsi que celui des bureaux qui s'occupent des décomptes mutuels; elle donne ainsi la possibilité d'améliorer les résultats financiers des exploitations de chemins de fer, surtout des chemins de fer d'intérêt local.

**M. L. Janssen**, Président de l'Union Internationale. — La question que vient de développer S. E. M. de Wendrich est en effet très intéressante et, comme je l'ai déjà dit, je ne manquerai pas de la soumettre au Comité de Direction de l'Union Internationale qui, certes, lui donnera la solution qu'elle comporte.

**M. le Président.** — Nous passons à l'ordre du jour de la troisième séance. La première question qui est soumise à nos discussions est intitulée : **Construction des voies dans les réseaux de tramways urbains (Infrastructure et superstructure (1)).** Rapporteurs : M. H. DUBS, Directeur des Tramways de Marseille, et M. A. BUSSE, Ingénieur en chef des Tramways de Berlin.

---

(1) Voir rapports : Annexes VI et VII.

M. Dubs étant tombé malade à son arrivée à Milan, M. Pavie, Directeur Général de la Compagnie Générale Française de Tramways à Paris, a bien voulu le remplacer. Je lui donne la parole.

**M. Pavie** (Paris). — Notre collègue M. Dubs a été atteint, en arrivant à Milan, d'une indisposition heureusement sans gravité, mais qui l'oblige à garder la chambre pendant quelques jours encore et le privera du plaisir de prendre part à vos discussions.

Il m'a prié de vous faire agréer ses excuses et l'expression de tous les regrets que lui cause ce fâcheux incident.

M. Dubs avait heureusement pris soin de résumer dans une note de quelques pages les données et les conclusions principales du très intéressant rapport dont nous avons tous pris connaissance.

Voici la note de M. Dubs :

« L'importance de la question de la construction des voies pour tramways urbains et le désir de présenter aux membres de l'Union un exposé aussi complet que possible de la situation actuelle de cette branche de notre industrie, a conduit le Comité à en confier l'étude à deux rapporteurs chargés, chacun pour ce qui le concerne, de traiter la question plus spécialement au point de vue des usages et procédés employés dans son pays. »

« Je me suis conformé autant que possible au mandat ainsi délimité, mais, de même que la science, la technique ne connaît de frontières étroites et mon honorable collègue-rapporteur me pardonnera d'avoir un peu empiété sur son domaine en plusieurs occasions. Je me suis d'autant plus cru autorisé à le faire que j'ai trouvé dans les réponses et documents fournis par nos collègues étrangers une ample moisson de renseignements du plus haut intérêt, qu'il m'a paru utile de coordonner avec ceux de mes compatriotes et avec mon expérience personnelle. »

« A en juger par les réponses très nombreuses et souvent très complètes qui ont été soumises à notre examen, la question de la construction des voies continue à intéresser vivement les exploitations de tramways urbains. Il semble même que la recherche des meilleures conditions d'établissement des voies les préoccupe bien davantage qu'il y a quelques années, probablement en raison des nombreuses déficiences inhérentes aux constructions primitives, déficiences dont les effets se sont fait sentir de plus en plus, au fur et à mesure du développement du trafic et de l'augmentation de la vitesse ainsi que du poids des voitures. »

« Un grand nombre de réseaux, un peu dans tous les pays d'Europe, ne fonctionnent à la traction électrique que depuis dix ans environ et se trouvent actuellement à la période critique où les déficiences des voies primitives se manifestent avec la plus grande intensité, et où il devient urgent et de toute nécessité de rechercher des perfectionnements susceptibles d'améliorer les conditions de service des voies soumises à un travail de plus en plus important. »

« Si certains réseaux ne sont pas encore arrivés à cette période critique, d'autres, au contraire, soit en raison de leur ancienneté, soit par le fait d'un service particulièrement important, l'ont déjà traversée plus ou moins victorieusement, et ce sont ceux-là dont les enseignements basés sur une plus longue expérience, présentent le plus grand intérêt. »

« D'autre part, quelques problèmes nouveaux ont retenu l'attention des exploitants, et, à ces divers points de vue, l'étude de la question qui fait l'objet de notre rapport n'aura pas été inutile.

« Parmi les questions étudiées, il en est certaines qu'il est permis de considérer comme résolues. »

« C'est ainsi que, pour ce qui concerne le tracé des voies, l'utilité est à peu près unanimement reconnue de tenir le plus grand compte des entraves à la libre circula-



tion des voitures, entraves qui peuvent résulter du charroi ordinaire et du stationnement ; il y a en conséquence lieu d'adopter des dispositions susceptibles de contrarier le moins possible les courants de circulation existants, en établissant des voies doubles partout où les conditions locales le permettent et, enfin, en recherchant autant que possible la solution de la voie sur plate-forme séparée, qui procure non seulement de très importantes facilités d'exploitation, mais aussi de très notables économies d'entretien. »

« Le service des tramways joue un rôle tellement prépondérant dans la vie sociale et économique des cités modernes qu'il est permis d'attendre de la part des pouvoirs publics, des dispositions plus bienveillantes pour tout ce qui touche aux améliorations qui pourront être recherchées dans cet ordre d'idées. »

« Pour ce qui concerne la construction proprement dite, on peut considérer comme résolues certaines questions relatives au surécartement de l'entrevoie ainsi qu'à l'élargissement de la gorge dans les courbes de faible rayon, questions dont la solution est indiquée par des considérations théoriques rarement contre-indiquées par l'expérience pratique. »

« Des dispositions typiques existent aujourd'hui pour l'infrastructure des voies, dans les différentes conditions de résistance du sous-sol et pour les divers genres de couvertures des chaussées, pour le drainage des voies et des rails, pour les profils des rails, les voies volantes, les connexions électriques ainsi que pour les appareils spéciaux, cœurs et aiguillages, où une tendance très marquée se manifeste en faveur de l'emploi d'appareils coulés en acier au manganèse. »

« Pour ce qui concerne la couverture des chaussées, on abandonne de plus en plus le simple empierrement, impossible à maintenir en bon état dès que le charroi atteint une certaine intensité, et l'on donne unanimement la préférence au pavage de pierre, plus coûteux mais plus durable et qui assure une meilleure stabilité de la voie. »

« Parmi les questions qui restent ouvertes, il y a lieu de citer en première ligne celle des joints, qui continue à préoccuper vivement la plupart des exploitants. Certes, de très sérieux progrès ont été réalisés ces dernières années, mais le fait même de l'existence d'une infinité de systèmes et de procédés semble indiquer que la question n'est pas encore résolue d'une façon générale et exige encore de nouveaux efforts. »

« Bien que les joints soudés, notamment ceux exécutés par le système Goldschmidt, aient reçu de nombreuses applications et aient accusé des résultats généralement satisfaisants, il semble néanmoins subsister une certaine préférence pour les joints mécaniques, sans doute en raison des facilités qu'on leur attribue pour l'application et aussi pour le remplacement éventuel en cas d'insuccès. Les résultats obtenus par certains joints mécaniques semblent d'ailleurs très encourageants et laissent espérer qu'une solution radicale du problème n'est pas impossible dans ce sens. »

« Mon collègue-rapporteur a traité cette question des joints avec autant d'ampleur que de compétence et nous ne pouvons que le remercier d'avoir exposé avec tant de détails le résultat de sa grande expérience personnelle dans une matière qui nous intéresse à un si haut degré. »

« Une autre question qui doit rester ouverte, est celle des dispositions à adopter pour la construction des voies dans les chaussées asphaltées. Les difficultés qui ont été éprouvées sans exception pour toutes les voies établies dans ce genre de chaussées sont de telle importance qu'elles revêtent le caractère d'une véritable calamité. Les innombrables essais entrepris dans le but d'y remédier, ont bien conduit à quelques solutions relativement satisfaisantes, mais il n'en est pas moins établi que l'installation d'une voie ferrée dans une chaussée asphaltée sera toujours, pour l'exploitant, une source d'ennuis et de dépenses très considérables, tant en ce qui concerne le premier établissement que l'entretien ; il y a en conséquence lieu de l'éviter toutes les fois que cela sera possible. »

» Comme question nouvelle, il y lieu de citer celle de l'usure ondulatoire des rails constatée dans un grand nombre de réseaux. Ce phénomène — on peut lui attribuer ce nom tant que l'origine n'en sera pas mieux connue, — constitue évidemment l'un des facteurs les plus inquiétants de l'usure des voies et il importe absolument de poursuivre l'étude d'une question qui préoccupe à si juste titre tous ceux de nos collègues qui souffrent de ses effets. »

« De nombreuses hypothèses ont été émises au sujet de l'origine et des conditions de formation de l'usure ondulatoire et si la majorité des spécialistes attribuent cette origine aux vibrations des rails, certains faits semblent indiquer que d'autres facteurs entrent également en jeu. Ce n'est évidemment qu'après avoir élucidé, par une enquête spéciale, les conditions précises de la formation de ce genre d'usure qu'il sera possible d'indiquer les moyens d'y remédier. »

« Abstraction faite des questions qui viennent d'être résumées, il est permis de considérer l'état actuel de la technique des voies comme satisfaisant, eu égard aux solutions nombreuses dont on dispose aujourd'hui pour répondre aux conditions locales ou de service les plus variées. L'extension toujours croissante du moyen de transport en commun qui fait l'objet de notre industrie, apporte d'ailleurs chaque jour des contingents nouveaux à l'armée des spécialistes qui assument la tâche de perfectionner nos installations, et qui sauront trouver des solutions nouvelles pour nos besoins nouveaux. »

Telle est, Messieurs, la note que se proposait de vous lire mon excellent collaborateur et ami.

**M. le Président.** — La parole est à M. Busse pour la présentation de son rapport sur la même question.

**M. Busse (Berlin).** — J'ai cherché à présenter dans mon rapport une étude aussi complète que possible de la construction des voies dans les réseaux de tramways urbains; c'est pour ce motif que j'ai dû parfois comprendre, dans mon travail, des points qui étaient déjà connus de la plupart des hommes de tramways; ces points ne pouvaient cependant pas être passés sous silence, car ils comportaient des données intéressantes permettant une appréciation judicieuse des méthodes modernes de construction et une étude plus facile des phénomènes d'usure, phénomènes qui, à certains points de vue, présentent tant de singularités. C'est ainsi que la matière de mon rapport augmentait sans cesse en raison inverse du temps qui me restait pour le remettre à l'impression; aussi, certains points du problème n'ont-ils pu être examinés que d'une façon trop superficielle.

Afin de résumer mon rapport, je me contenterai de faire ressortir les quelques points sur lesquels je me suis surtout appesanti.

Les conditions actuelles de la vie moderne incitent les exploitants de tramways à établir leurs corps de voie de façon à rendre le service du tramway tout à fait indépendant de la circulation de la rue.

Dans les grandes villes, l'on est de plus en plus convaincu que l'installation des voies dans des pavages dits de luxe — pavages qui malheureusement prennent une si grande extension — amènera inévitablement la ruine économique de maintes exploitations de tramways. Aussi suis-je heureux de constater que certains réseaux ont aujourd'hui obtenu des autorités, même à l'intérieur des agglomérations, une bande de terrain spéciale pour l'installation des voies. Cette nouvelle manière de faire des autorités doit très probablement être attribuée au fait que ces bandes de terrain affectées au service du tramway, relèvent l'aspect général des rues, lorsque la plate-forme de la voie est bordée de fleurs et de gazon ou même entièrement gazonnée. A côté de ces considérations d'ordre plutôt esthétique, un siège spécial présente encore d'autres avantages au point de vue de la régularité du service et de la plus grande sécurité qui en résulte pour la circulation générale des rues.

Malheureusement l'installation d'une plate-forme spéciale, dans les rues étroites déjà existantes et qui pour la plupart sont pavées en pavage de luxe, n'est pas toujours possible ; il est alors du devoir de l'exploitant de chercher à réduire autant que possible l'installation de ces pavages dans les rues empruntées par le tramway, ou bien encore de réclamer, dans ces rues, la séparation du corps de la voie asphaltée de la chaussée, en n'employant pour le tramway, que des matériaux de couverture de moindre valeur. Cette manière de faire se recommande d'ailleurs d'autant plus que les voies établies sur un soubassement rigide, malgré l'intercalation d'une couche élastique en asphalte, occasionne, par le passage des voitures, notamment dans les rues étroites bordées de hautes maisons, un bruit parfois beaucoup plus insupportable que celui occasionné par le roulement du charroi sur une bonne couverture en pavés. J'estime donc qu'il est hautement recommandable de paver en pierres le corps de la voie dans les rues asphaltées, coutume d'ailleurs suivie avec succès en Amérique.

Si, en se basant sur les données actuelles, il était possible d'établir à l'avenir une statistique de rentabilité de différentes lignes, tronçon par tronçon, il y aurait lieu d'examiner attentivement, pour les nouvelles lignes à construire, l'influence que peuvent avoir, au point de vue financier de l'entreprise, les dépenses toujours élevées de construction et d'entretien du pavage en asphalte. Ces parties de lignes sont en effet souvent considérées, à bon escient, comme les alimenteurs de nombreuses lignes suburbaines.

J'ai également montré dans mon rapport les nombreux avantages que présentera à l'avenir l'installation de terre-pleins refuges aux points d'arrêt dans les artères à circulation intense : l'importance toujours croissante prise aujourd'hui par la circulation des automobiles, ne tardera pas en effet à rendre impossible, sans la présence de ces terre-pleins dans les rues à circulation intense, l'accès et la sortie des voitures de tramways.

Afin de faciliter la manœuvre des voitures et de mieux assurer la régularité du service, l'emploi de boucles aux points terminus des lignes devrait s'étendre davantage. L'application faite ici même à Milan, sur la place du Dôme, montre bien les nombreux avantages que comporte l'emploi de boucles aux points terminus.

Afin d'augmenter la durée des rails et d'éviter ainsi un renouvellement prématuré et toujours onéreux dans les pavages de luxe, je crois devoir recommander l'emploi de rails présentant une grande profondeur d'ornière, une grande épaisseur de tête et une grande largeur de patin ; les rails devraient, de plus, être en barres aussi longues que possible.

En ce qui concerne les phénomènes observés dans la destruction des voies, plusieurs d'entre eux qui, il y a quelques années, paraissaient inexplicables, sont aujourd'hui parfaitement déterminées. Dans notre lutte journalière pour parer à la destruction de l'infrastructure et la superstructure de nos voies, nous sommes heureux de constater un intérêt beaucoup plus intense pour le perfectionnement des moyens d'action mis à notre disposition, tels qu'outils et machines-outils. Il y a cependant lieu de faire remarquer que la question relative aux machines-outils — question qui avait été posée dans le questionnaire adressé aux membres de l'Association, — n'a reçu que fort peu de réponses. Et en fait, peu nombreuses sont jusqu'ici les exploitations faisant usage de machines-outils spéciales pour l'entretien de leurs voies. Quoi qu'il en soit, l'expérience de ces dernières années montre combien il est important, lors de la pose des voies, de retravailler mécaniquement les joints et les tables de roulement des rails ; cette manière de faire a une grande influence sur l'entretien subséquent et la durée de la superstructure en général. Précisément à ce point de vue, les constructeurs de machines-outils devraient chercher à lancer sur le marché de bonnes machines-outils qui seraient actionnées électriquement. Il est à espérer que les bons résultats acquis jusqu'à ce jour inciteront davantage les constructeurs et les

exploitants à accorder à cette question des machines-outils toute l'importance qu'elle comporte.

Toutes les exploitations de tramways dont les voies sont en majorité installées en asphalte ou en pavage en bois, devraient posséder des machines spéciales permettant de fraiser, dans le cas d'une forte usure de la table de roulement, la partie saillante du contre-rail; de plus, des machines à découper du rail les parties usées, que celles-ci se trouvent aux abouts ou dans le corps même de la barre; enfin, des machines destinées à faire disparaître les effets de l'usure ondulatoire, des foreuses électriques, des machines permettant de briser d'une manière électro-pneumatique le bétonnage de la voie, etc., etc. Une réfection de petits défauts, faite en temps utile au moyen de ces machines, évite parfois, dans la suite, des réfections très onéreuses et même parfois des renouvellements complets.

Le cassage du béton au moyen de la pioche, manière de faire couramment suivie aujourd'hui, fait vibrer le rail dans toute sa longueur et le décolle complètement de sa fondation. Il en résulte que les travaux de réfection ainsi effectués, loin de porter remède aux défauts constatés, ne font que les augmenter; et en fait, on ne tarde pas à remarquer souvent aux endroits ainsi réfectionnés, des endommagements plus importants encore que ceux primitivement observés. A mon avis, le béton ne devrait être brisé qu'au moyen de machines spéciales; on éviterait ainsi la dislocation du corps bétonné tout entier et le décollage des rails.

Le mélange du béton fait à la main devrait également être rejeté pour faire place à un mélange mécanique au moyen de machines actionnées électriquement. Le mélange fait à la main est loin d'être aussi intime et le béton ainsi préparé présente moins de résistance, d'où réfections prématurées au corps proprement dit de la voie.

Pour augmenter la durée des croisements et des aiguillages, on emploie depuis quelque temps, pour ces parties de la voie, un métal plus dur; parfois aussi les parties des aiguillages et croisements, les plus sujettes à usure, sont construites de façon à pouvoir être facilement interchangeables.

En ce qui concerne la question des joints, presque tout le monde semble aujourd'hui d'accord pour reconnaître qu'elle est quelque peu élucidée et se trouve momentanément dans un état stationnaire. Il y a lieu d'attendre, à ce point de vue, la sanction de l'expérience concernant les résultats que donneront les nouveaux systèmes de joints mis aujourd'hui à l'essai.

D'ailleurs un autre problème dont les conséquences présentent une certaine gravité, préoccupe aujourd'hui plus que toute autre question les exploitants de tramways: c'est l'usure ondulatoire des rails, phénomène qui se fait remarquer chaque jour davantage. Cette usure fait depuis longtemps l'objet des recherches spéciales des savants, des constructeurs et des exploitants du monde entier; j'ai cherché à résumer dans mon rapport une partie des opinions émises dans les différents pays sur l'origine de ce singulier phénomène. J'ai également fait connaître mon opinion personnelle. J'espère que la matière ainsi réunie fera naître, dans cette assemblée, un échange de vues qui, je le souhaite ardemment, donnera peut-être une solution définitive à cette intéressante question.

Il y aurait également lieu d'étudier l'influence réciproque entre le matériel fixe et le matériel roulant et d'examiner surtout le rôle du matériel roulant. L'examen de cette question est certes des plus séduisants, et j'aurais désiré l'examiner dans mon rapport, mais elle n'entrait pas dans le cadre du thème qui m'était soumis. Cette question pourrait avantageusement faire, à mon avis, l'objet d'une étude spéciale des plus intéressantes.

Comme je l'ai fait remarquer dans mon rapport, la question de la construction des voies permet encore des études approfondies sur certains points relatifs à l'infrastructure et à la superstructure.

Je m'estimerai heureux si j'ai pu inciter, même dans une légère mesure, à l'étude de ces questions.

**M. Soberski** (Nuremberg). — Je crois, Messieurs, que, tous, nous sommes unanimes à reconnaître toute la valeur des intéressants rapports présentés par MM. Dubs et Busse. Au sujet du rapport de M. Busse cependant, je crois devoir attirer votre attention sur une opinion émise par l'honorable rapporteur, opinion qui, à mon avis, peut être critiquée.

Parlant de l'écartement des voies, M. Busse écrit dans son rapport : « Dans le cas de nouvelles installations, la question de savoir s'il y a lieu de donner la préférence à l'écartement normal ou à la voie d'un mètre devrait, à notre avis, être résolue par l'adoption de cette dernière, tout au moins dès que la chose est possible. L'économie qui en résulterait serait particulièrement importante pour les villes qui comprennent un grand nombre de rues pavées en asphalte, en bois et autres pavages de luxe. »

M. Busse est donc d'avis que l'écartement d'un mètre doit être préféré à l'écartement normal ; au point de vue exclusif de l'ingénieur des voies, il peut parfaitement avoir raison. J'estime cependant que la question de l'écartement n'intéresse pas seulement l'ingénieur des voies, mais aussi le constructeur des voitures et l'ingénieur chargé de la partie électrique de l'équipement ; ces deux derniers pourraient bien être d'un avis différent à celui de M. Busse. Il ne faut pas oublier en effet que les artères pavées en asphalte, en bois ou autres pavages de luxe, appartiennent généralement à de grandes agglomérations, qui doivent compter sur une très rapide augmentation du trafic ; or, dans la plupart des cas, lorsque le trafic a déjà atteint une certaine intensité, toute augmentation subséquente ne peut plus être assurée que par un service de voitures de remorque, dont l'importance grandira sans cesse ; cette manière de faire nécessite naturellement une puissance toujours plus grande de moteurs. Or, nous savons tous combien il est difficile d'installer des moteurs quelque peu puissants sur des voitures construites pour l'écartement d'un mètre ; lorsqu'au contraire, nous nous trouvons en présence de l'écartement normal, la difficulté est beaucoup moins grande. A ce point de vue, je crois donc pouvoir dire que l'écartement normal doit être préféré. Bien que, au point de vue de l'installation des voies, il nécessite, je le reconnais, de plus fortes dépenses, il permet cependant — et c'est là, à mon avis, son principal avantage, — d'augmenter le trafic, moyennant cependant une augmentation de capital.

Le second point, qui intéresse spécialement le constructeur, c'est que l'écartement normal donne un roulement plus doux. Ce fait a aussi son importance, car une augmentation de trafic implique généralement une augmentation de vitesse. Le public réclame en effet des vitesses toujours plus élevées, et précisément dans les villes importantes, où les distances sont plus grandes, nous devons toujours considérer comme facteur important la possibilité d'augmenter la vitesse.

**M. Grialou** (Lyon). — S'il entrerait dans les vues de l'assemblée de soumettre à nouveau à un prochain congrès, la question relative à l'entretien des voies et des joints, je désirerais dans ce cas que l'on demandât aux Compagnies de tramways affiliées à l'Union internationale, d'indiquer si, au point de vue de l'usure ondulatoire des rails, elles ont remarqué une certaine différence entre les voies assises sur fondation en béton et celles assises sur plate-forme élastique.

Nous avons pu remarquer à Lyon, sans cependant pouvoir l'affirmer d'une façon absolue, que les plates-formes élastiques conduisent à une usure ondulatoire moindre que les plates-formes rigides.

Un mot encore en ce qui concerne les joints : la question de l'entretien des joints ne me semble pas avoir été examinée comme elle aurait dû l'être. Tous, ici, nous avons pu constater que les joints sont onéreux, non pas par leur entretien même, mais plutôt par le bourrage qu'ils nécessitent. La raison première de cet état de

choses résulte de ce que, lorsqu'on veut avoir des joints résistants, on est amené à leur donner, par une augmentation de hauteur, un grand moment d'inertie. Il se présente alors ce fait que le joint, par sa forme même en couteau, arrive en quelque sorte à scier, à chaque passage de voiture, le sol sur lequel il repose. Il en résulte donc cette bizarrerie, c'est que le joint qui paraît le plus solide au point de vue mécanique, est précisément celui dont l'entretien est le plus coûteux.

Je demande donc qu'au prochain congrès, on veuille bien examiner la question des joints, spécialement en ce qui concerne l'entretien au point de vue du bourrage.

**M. t'Serstevens**, Secrétaire Général de l'Union internationale. — Dans la première partie de sa communication, M. Grialou demande si, au point de vue de l'usure ondulatoire des rails, il a été constaté une différence entre les voies assises sur soubassement rigide et celles assises sur soubassement élastique.

Je me permets de lui faire remarquer qu'il trouvera dans les « Réponses aux questionnaires » de même que dans le rapport de M. Busse, de précieux renseignements à cet égard ; il pourra remarquer, d'après les nombreuses réponses faites par les exploitations ayant constaté une usure ondulatoire de leurs rails, que celle-ci se manifeste tout autant dans les voies établies sur soubassement élastique que sur celles établies sur soubassement rigide. Ce n'est donc pas dans cette voie qu'il y a lieu de rechercher la cause de ce singulier phénomène.

**M. Janssen**, Président de l'Union internationale. — La question de l'usure ondulatoire des rails est une question toute nouvelle pour l'ingénieur de tramways, et l'accord est loin d'être complet en ce qui concerne les causes de cette usure. Il y aurait lieu, à mon avis, de procéder à une étude approfondie de la question ; cette étude devrait même être soumise à une Commission internationale. L'usure ondulatoire pourrait ainsi être reprise, quelque peu éclaircie, par notre prochain congrès. (*Approbation générale.*)

**M. Koehler** (Berlin). — Je me rallie à la proposition que vient de faire notre collègue, M. Grialou ; je désirerais cependant savoir s'il entre dans les intentions de l'Union internationale de faire, de l'usure ondulatoire des rails, un point tout à fait spécial de notre prochain ordre du jour.

**M. Janssen**, Président de l'Union internationale. — Parfaitement ; l'usure ondulatoire sera traitée séparément.

**M. Koehler**. — J'approuve complètement cette manière de faire et je crois que M. Busse sera également de cet avis. En faisant une étude spéciale de cette question, nous arriverons en effet beaucoup plus facilement à une solution.

**M. Thonet** (Liège). — Je demande que la question des joints traitée quelque peu incidemment dans les rapports de MM. Dubs et Busse, soit remise à l'ordre du jour des congrès futurs, et ce d'une manière permanente ; cette question des joints est en effet des plus importantes pour les exploitations de tramways ; elle est, à mon avis, loin d'être élucidée. Ni le joint Falk, ni le joint Goldschmidt, ni le joint Scheinig et Hofmann qu'on emploie depuis quelques années, ni les autres n'ont fait leurs preuves. J'estime que c'est là une des questions les plus importantes que nous ayons à traiter au point de vue de la voie.

Aussi y a-t-il lieu de la faire figurer d'une façon permanente à l'ordre du jour de nos congrès, d'autant plus qu'il est vraisemblable qu'on arrivera tôt ou tard à trouver un joint spécial répondant d'une manière parfaite aux nécessités du service.

**M. Van Bogaert**, Délégué du Gouvernement belge. — Il sera peut-être intéressant de faire connaître à l'Assemblée quelles ont été, *grosso modo*, les conclu-

sions du dernier Congrès de Chemins de fer tenu à Washington en 1905. Je vois dans le rapport de M. Dubs, qu'il semble, *a priori*, qu'une éclisse à métal doux doit faire un meilleur joint. A Washington, on est arrivé à une conclusion tout à fait opposée. Les Américains nous ont prouvé que les éclisses en acier très dur à 80 kg. de résistance à la rupture par mm<sup>2</sup>, se comportent beaucoup mieux et donnent un meilleur joint que des éclisses à 55 kg. telles qu'on les utilise en Europe, en Belgique notamment. L'éclisse en acier doux se déforme aux épaulements du rail, parce que le métal en est trop mou et il se produit alors des chocs fort désagréables ; avec l'acier dur, la déformation à l'épaulement est nulle et le choc est en conséquence moindre. Les Américains donnent donc la préférence aux éclisses en acier très dur. Un des délégués américains a même proposé de faire des éclisses aussi dures que possible, en prenant pour unique limite de cette dureté la possibilité de pouvoir encore faire des poinçonnages. On n'a pas tout à fait admis cette proposition, mais on a conclu à préconiser des éclisses en acier dur dont le coefficient d'élasticité est de 42 kg., correspondant à une résistance à la rupture de 80 kg. environ. J'ai tenu à attirer votre attention sur ce qui précède, car le rapport de M. Dubs semble dire que c'est l'acier doux qui convient le mieux pour les joints.

Aux Chemins de fer de l'Etat belge, où le joint est mauvais par suite de cette éclisse en acier doux, nous avons l'intention de mettre prochainement à l'essai des éclisses en acier dur et des joints ajustés. C'est peut-être là une idée nouvelle que nous allons mettre en pratique. Nous voulons faire l'essai du joint ajusté, en rabotant le rail et une éclisse nouvelle. Nous ne pouvons évidemment pas augmenter la dureté du rail, qui est de 60 kg. à la rupture.

De plus, nous reviendrons au joint appuyé. Jusqu'en 1900 tout le monde semblait d'accord pour préconiser, à l'exemple des Anglais, le rail suspendu entre deux traverses. La pratique générale des chemins de fer abondait dans le même sens, sauf en Amérique, où certaines Compagnies possédaient des joints suspendus et d'autres des joints dits sur trois traverses. Le dernier dispositif donnait une meilleure voie que le premier.

M. Ast, au Congrès des Chemins de fer tenu à Paris en 1900, a montré théoriquement et pratiquement que le joint appuyé, toutes choses égales d'ailleurs, était de beaucoup supérieur au joint suspendu. La chose est cependant loin d'être admise par tous les ingénieurs. Au demeurant, il n'y a jamais unanimité sur une question de ce genre. Mais comme aux Chemins de fer de l'Etat belge, notre joint suspendu est très mauvais, nous allons essayer l'autre qui paraît meilleur.

Un tout dernier point que j'ai vu traiter dans les rapports de MM. Dubs et Busse et aussi dans celui de M. de Burlet que nous allons bientôt être amenés à discuter.

Il s'agit du joint alterné. Nous avons discuté longuement la chose au Congrès de Washington. En Europe, on a fait également quelques essais du joint alterné, notamment sur les lignes du Nord-Belge ; mais le joint alterné du Nord-Belge était autre que le joint alterné américain, lequel consiste à avoir un joint en face du milieu du rail opposé. Le joint alterné du Nord-Belge, au contraire, consiste à avoir un joint chevauchant de 50 cm. sur celui du rail opposé.

Les Chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée ont également fait une longue expérience du joint alterné. Aux Chemins de fer de l'Etat belge, il a donné de bons résultats sur une longueur d'un kilomètre ce qui, naturellement, ne peut être considéré comme un résultat probant.

Les Américains sont arrivés à cette conclusion, c'est que, sur une très bonne voie, bien ballastée, le joint alterné doit être préféré, et pas du tout le joint placé d'équerre tel qu'il est couramment employé chez nous ; le joint alterné conserverait mieux l'alignement de la voie ; les joints placés d'équerre favorisent davantage la tendance à la sinuosité par le fait que les deux points faibles se font face, tandis que dans les joints alternés, ils sont à une demi-longueur de rail l'un de l'autre.

Je suis d'accord avec M. Dubs pour reconnaître que, si une voie est bien entretenue et les boulons très bien serrés, les joints de dilatation fonctionnent peu ou même pas du tout. Pour des voies de 50 kg., devant supporter de très grands poids, on peut réduire la grandeur des joints de dilatation ; telle est la pratique américaine.

**M. Géron** (Bruxelles). — Parmi les points soulevés dans la discussion, il en est un dont vient de parler M. Van Bogaert, celui du joint ajusté qui, à mon avis, présente une grande importance. Je suis heureux de constater que les administrations des grands chemins de fer vont procéder à des essais dans cette ordre d'idées. Comme cette question cependant, intéresse aussi les exploitations de tramways, il serait hautement désirable que celles-ci procèdent également à des essais analogues et qu'elles en communiquent les résultats à notre association.

**M. Busse** (Berlin). — Notre honorable collègue, M. van Bogaert, vient de nous faire remarquer qu'en Amérique, les joints alternés avaient donné de bons résultats. J'ai eu l'occasion de faire un voyage d'études aux États-Unis ; j'ai examiné avec soin les joints alternés installés dans les différentes villes et aussi sur les lignes de chemins de fer ; j'ai pu constater là-bas, comme ici, les mêmes inconvénients : que les rails reposent sur traverses ou sur soubassement en béton, que les joints soient alternés au milieu des rails ou simplement chevauchés vers les abouts, toujours le rail présente au droit du joint opposé une partie martelée ; ces parties martelées sont, peut-être, moins importantes en Amérique que chez nous, parce que, à mon avis, les voitures y sont mieux suspendues mais, quoi qu'il en soit, on les observe toujours.

En ce qui concerne le second point soulevé par M. van Bogaert : joint appuyé comparé au joint en porte à faux, je me permets de faire remarquer que j'ai examiné cette question dans mon rapport ; j'y ai notamment examiné le joint Melaun pour rail Vignole qui, à mon avis, pourrait supprimer les inconvénients cités par M. van Bogaert. D'autres joints encore, tels que le sabot porte-rail Scheinig et Hoffmann, ou les joints soudés, soit électriquement, soit par le procédé à l'aluminothermie, peuvent également être pris en considération.

Passant à la question des éclisses en acier doux, j'ai également fait remarquer dans mon rapport que les éclisses qui font emprise sur la table de roulement des rails, devaient naturellement comporter la même résistance que les rails. Quant aux autres éclisses, c'est-à-dire celles qui viennent prendre place en dessous de la tête du rail, elles doivent, à mon avis, présenter une résistance un peu moindre que celle des rails ; l'expérience a en effet montré que, lorsque la résistance est la même que celle du rail, les éclisses placées sous la tête travaillent de telle façon que bientôt le joint se desserre et permet le battage du rail.

Quant à l'observation présentée par M. Thonet, qu'il me soit permis de faire remarquer que j'ai examiné d'une façon assez approfondie les différents systèmes de joints aujourd'hui en usage.

**M. van Bogaert** (Bruxelles). — Il est évident que si la voie est établie en joints alternés et si les joints sont mauvais, vous aurez un choc avec le joint alterné aussi bien qu'avec le joint d'équerre ; que, de plus, le nombre de chocs sera doublé dans la voie à joints alternés. Mais, lorsqu'on a un joint idéal, la voie à joints alternés doit être préférée ; c'est tout au moins la conclusion à laquelle sont arrivés les Américains.

**M. de Burlet** (Bruxelles). — Il n'y a pas de joints sans choc ; je n'en connais tout au moins pas.

**M. van Bogaert** (Bruxelles). — Evidemment, mais il y a des joints à choc léger.



**M. Janssen**, Président de l'Union Internationale. — La discussion de la question relative à la construction des voies paraissant épuisée, je crois devoir proposer à l'assemblée la résolution suivante qui, je pense, donnera satisfaction à tous :

« Le Congrès remercie MM. Dubs et Busse pour leurs très intéressants rapports qui seront enregistrés dans le Compte rendu du Congrès et exprime l'opinion que divers points de la question générale doivent être repris au prochain congrès et, que notamment la question de l'usure ondulatoire des rails y soit traitée séparément ainsi qu'éventuellement celle des joints. » (*Approbation générale.*)

**M. le Président.** — L'assemblée paraissant d'accord sur la résolution que vient de proposer l'honorable M. Janssen, je déclare cette résolution acceptée.

Bien que les remerciements aux deux rapporteurs soient déjà contenus dans la résolution que nous venons d'accepter, je tiens cependant à les féliciter, en mon nom personnel, de la façon brillante dont ils ont étudié l'intéressante question des voies; je tiens aussi à remercier notre éminent collègue, M. Pavie qui a bien voulu présenter le rapport de M. Dubs.

Nous passons au second point de notre ordre du jour : **Superstructure de la voie pour lignes de chemins de fer d'intérêt local au point de vue spécial : A) de la longueur des rails à mettre en œuvre ; B) de l'emploi des joints soudés (Falk, Goldschmidt, etc.) ; C) du chevauchement des joints ; D) des moyens d'empêcher le desserrage des boulons (1).**

Le rapporteur de la question est M. C. DE BURLET, Directeur général de la Société Nationale des Chemins de fer vicinaux, à Bruxelles.

**M. Janssen**, Président de l'Union Internationale. — Avant que notre éminent collègue prenne la parole, je tiens à le remercier tout particulièrement d'avoir bien voulu assister ce matin à notre réunion; bien que souffrant ces jours derniers, il a tenu à présenter lui-même son rapport. (*Vifs applaudissements.*)

**M. de Burlet** (Bruxelles). — Je vous remercie bien sincèrement de vos marques de sympathie et j'en profite pour faire appel à votre indulgence. J'ai eu la mauvaise fortune d'être assez fortement indisposé ces jours derniers et je fais ce matin ma première sortie. Je ne me sens pas encore sur une voie dont la superstructure soit bien solide !

La question dont j'ai à vous entretenir, a été ainsi formulée par le Comité de direction de l'Union Internationale : Superstructure de la voie pour lignes de chemins de fer d'intérêt local au point de vue spécial : a) de la longueur des rails à mettre en œuvre ; b) de l'emploi des joints soudés (Falk, Goldschmidt, etc.) ; c) du chevauchement des joints ; d) des moyens d'empêcher le desserrage des boulons.

La question essentielle de la superstructure des voies, tant pour les tramways que pour les chemins de fer d'intérêt local, est déjà à l'ordre du jour de nos travaux depuis un certain nombre d'années et il est vraisemblable qu'elle y restera pendant quelque temps encore. C'est une enquête que l'Union Internationale a voulu ouvrir sur cette question capitale, et il n'y aurait aucune opportunité à se hâter de la clôturer.

Au reste, vous aurez remarqué que depuis que l'on a commencé à étudier cette question, l'enquête n'a pas été stérile, du moins pour les chemins de fer d'intérêt local; un certain nombre de résultats sont déjà acquis, et le nombre de questions controversées va en diminuant à mesure que nous avançons. L'on s'est déjà mis d'accord sur un certain nombre d'entre elles; peut-être même n'est-il pas téméraire d'espérer qu'il arrivera un moment où nous serons fixés par l'expérience sur toutes

---

(1) Voir Rapport : Annexe VIII.

les questions encore douteuses aujourd'hui et que nous pourrions alors adopter des conclusions définitives. Je dis « définitives », mais je vous prie de ne pas prendre ce mot dans un sens trop littéral, car il faut tenir compte des inventions nouvelles et des progrès possibles comme aussi des questions d'espèces et des cas particuliers qui empêcheront toujours de donner aux solutions proposées, une forme trop absolue ou dogmatique.

J'ai dit également que c'était l'expérience qui devait nous guider : j'estime en effet que, dans les matières que nous sommes appelés à discuter ici, c'est toujours à l'expérience qu'appartiendra, en fin de compte, le dernier mot.

Le rôle du rapporteur dans l'enquête ouverte par l'Union Internationale, — rôle d'ailleurs très modeste, — consiste simplement à collationner les renseignements recueillis, à les classer méthodiquement, à en déduire les conclusions qui s'en dégagent, en mot à guider l'assemblée dans les résolutions qu'elle a à prendre ; le rapporteur doit cependant agir avec une grande prudence et s'appuyer éventuellement sur l'expérience personnelle qu'il peut avoir acquise.

Je constate avec un grand plaisir que cette année les renseignements fournis ont été particulièrement abondants. Les Sociétés affiliées ont répondu à nos questionnaires, toujours très complets et très détaillés, avec la meilleure bonne grâce ; nous devons les en louer et les en remercier. Ainsi, pour la question dont j'ai eu à m'occuper, nous avons reçu 138 réponses et, pour un point déterminé, jusqu'à 140 réponses. Quelle ample et riche moisson où l'on peut puiser à pleines mains ! On a dit que c'était pour le rapporteur un surcroît de travail ; c'est possible, mais quelle compensation il trouve dans la satisfaction d'être mieux éclairé et par conséquent de pouvoir, avec plus de sûreté, conclure. Y a-t-il, en effet, une source de lumière plus complète que ces renseignements des diverses compagnies faisant connaître d'une part, sans arrière-pensée, avec le seul désir d'éclairer et d'être éclairées, ce qu'elles ont fait sur leur réseau, les avantages et les inconvénients révélés par la pratique des systèmes employés, et ne se laissant pas, d'autre part, arrêter par un faux scrupule d'amour-propre pour reconnaître que parfois elles se sont trompées, qu'il faut battre contre-vapeur et faire machine en arrière.

C'est à mon sens la grande force et l'utilité essentielle de nos congrès.

Je vous disais tantôt que, grâce surtout à notre enquête, nous avions déjà quelques résultats acquis et que certains points étaient résolus.

La question de la superstructure de la voie pour les chemins de fer d'intérêt local se trouvait déjà à l'ordre du jour du Congrès de Vienne. On y avait examiné trois points qui intéressent essentiellement la superstructure de la voie : la question des rails, la question des traverses et la question du ballast. Avec les subdivisions, cela faisait à peu près une dizaine de points importants à examiner.

A la suite de débats approfondis, on s'est trouvé d'accord sur cinq d'entre eux que je considère comme provisoirement classés.

Je me permets de rappeler les conclusions admises au Congrès de Vienne ; ces conclusions sont exclusivement relatives aux lignes d'intérêt local :

« On paraît généralement d'accord pour donner la préférence :

» 1° Aux rails en acier d'un poids relativement élevé par mètre courant et en barres aussi longues que possible ;

» 2° A la pose sur traverses et, pour le choix de celles-ci, aux traverses en bois, si possible en chêne imprégné (habituellement de créosote) ; leur nombre par longueur de rail dépend évidemment des conditions techniques de la ligne (profil, poids des locomotives, trafic, etc.), mais il a y une tendance à faire des voies de plus en plus résistantes.

» 3° Aux tire-fonds qui remplacent généralement aujourd'hui les crampons ;

» 4° Aux éclisses-cornières robustes ; de là dépend, en effet, la solidité du joint, point faible de la voie et partant de la voie elle-même ;

» 5° Au ballast en pierrailles ou en gravier, qui l'emporte sur le sable et la cendrée, parce qu'il donne une voie plus sèche, plus stable et se maintient dans de meilleures conditions; de plus, sa perméabilité plus grande augmente la durée des traverses; enfin, il attaque moins le rail que la cendrée qui contient parfois des acides et oxydants nuisibles. »

Tels sont les cinq points sur lesquels l'accord s'est établi au Congrès de Vienne.

Aujourd'hui la discussion, en ce qui concerne la superstructure de la voie pour chemins de fer d'intérêt local, a été portée sur quatre points nouveaux bien précis que je vais rapidement examiner :

1° La longueur des rails à mettre en œuvre; nous avons reçu 138 réponses et nous constatons qu'il y a une tendance à mettre en œuvre des barres de plus en plus longues; on s'explique très bien pour quelles raisons.

J'ai indiqué dans mon rapport les avantages qui résultent de l'emploi de barres longues :

a) Pose rapide;

b) Réduction du nombre de joints, d'où économie dans les frais d'établissement et d'entretien; lorsqu'il s'agit de lignes électriques, il y a également économie dans les connexions;

c) Les chocs se produisant précisément aux joints, la diminution de leur nombre rend le roulement des trains plus agréable et fatigue moins le matériel;

d) Plus grande stabilité de la voie, puisqu'on diminue le nombre de points faibles, c'est-à-dire des joints.

Pour le dire en passant, j'avoue que je reste un peu sceptique et je ne vois pas encore naître l'invention d'un joint « idéal » dont parlait tout à l'heure M. van Bogaert, et qui supprimerait tout choc.

Malheureusement, la longueur des barres a une limite; j'allais dire, cette médaille a un revers: le poids excessif des longues barres, qui n'est pas sans présenter des inconvénients.

S'il s'agit de rails ayant un poids lourd par mètre courant, la longueur des barres augmentant, donne à celle-ci un poids très considérable qui rend le transport et la manutention plus difficile et plus coûteux. Il arrive ainsi un moment où ces inconvénients ne trouvent plus leur compensation dans les avantages cités plus haut.

S'agit-il de rails d'un poids plus faible, on pourrait évidemment, sans augmenter le poids des barres outre mesure, aller plus loin qu'avec les rails lourds quant à la longueur, mais alors surgit un autre inconvénient: c'est que les longues barres des rails légers se gondolent par leur propre poids et prennent les courbures les plus irrégulières. Or, chacun sait combien il est très difficile, voire même impossible, de rendre au rail la rectitude voulue et de redresser un rail gondolé. Donc, dans l'un et l'autre cas, il y a une limite à la longueur des barres.

Mais quelle est cette limite? C'est là la question qui reste douteuse. Dans les réponses envoyées, on remarque que la longueur des barres varie de 6 à 18 mètres et il y a pour ainsi dire toutes les longueurs intermédiaires. Je crois qu'aujourd'hui pour les voies nouvelles, aucune Compagnie n'emploie plus les rails de 6 mètres; je parle toujours, je le répète, des chemins de fer d'intérêt local. On ne descend plus guère en dessous de 9 mètres qui semble être un minimum. Les Chemins de fer vicinaux belges emploient également des rails de 9 mètres. Nous avons un rail qui a d'abord eu, à l'origine, 21 kilos au mètre courant, poids qui a été porté à 23 kilos. Comme on le sait, nos voies ont l'écartement d'un mètre.

Nous avons fait, en ces derniers temps, quelques expériences qui ont donné de bons résultats et que nous poursuivrons s'il y a lieu. Nous avons notamment adopté pour des lignes à trafic considérable, un rail de 30 kilos en barres de 18 mètres de longueur. Il est évident qu'on doit obtenir ainsi de très bons résultats.

Une voie d'un mètre d'écartement, avec des locomotives d'un poids relativement faible en ordre de marche, doit présenter une stabilité et une résistance très grandes. Pas de doute à cet égard. Mais la question de dépense ? M. Thonet, dans la conférence si intéressante qu'il nous a donnée au sujet de la transformation des lignes à traction à vapeur en lignes à traction électrique, disait que c'était un calcul à faire. Il faut toujours mettre en rapport le capital de premier établissement avec l'économie que l'on peut espérer dans les frais d'exploitation et d'entretien, en tenant compte aussi, dans une large mesure, du bien-être et du confort des voyageurs.

Il en est de même quant à la question du poids des rails et de la longueur à donner aux barres ; je crois qu'il est difficile d'indiquer un chiffre absolu et qu'il faut se borner à constater qu'il y a une tendance à allonger les barres constituant les rails de la voie. En somme, la question n'est pas résolue et l'enquête peut se poursuivre. Je constate avec satisfaction que, sur ce point, je suis tout à fait d'accord avec M. Dubs, sans nous être concertés du tout, puisque son rapport ne nous a été distribué que tardivement. M. Dubs arrive aux mêmes conclusions et je me permets de lire quelques lignes de son rapport :

« Quant à la longueur des barres, tout le monde est d'accord, en principe, pour la désirer aussi grande que possible en vue de diminuer le nombre de joints, mais en pratique, on considère la longueur actuelle de 12 à 15 mètres employée par la plupart des réseaux comme une limite qui ne pourra être dépassée que dans des circonstances exceptionnelles et portée à 18 mètres au maximum. Les réseaux de Marseille, du Havre et de Nancy vont employer cette longueur pour leurs nouvelles lignes.

» Les difficultés de transport et de manutention deviennent en effet très appréciables pour les profils lourds aussitôt que la longueur des barres dépasse 12 mètres. Quant aux profils légers, ils sont sujets à se déformer, et cette considération limite davantage encore la longueur des barres. »

2<sup>o</sup> Le second point sur lequel doit porter notre examen est celui des joints soudés (Goldschmidt, Falk, etc.). C'est une question extrêmement intéressante, mais au sujet de laquelle il me semble que la lumière n'est pas faite encore d'une manière complète. Cette question a passé par diverses phases dans nos différentes réunions. J'ai souvenir qu'au Congrès de Paris, en 1900, nous avons entendu un rapport fort intéressant et on ne peut plus élogieux pour le joint Falk. Ce joint était alors relativement nouveau et nous avons été impressionnés, — très favorablement, je l'avoue, — par le rapport qui nous a été fait à cette époque.

Au Congrès de Vienne, en 1904, la note a déjà été absolument différente et nous avons appris par le délégué très autorisé d'une grande société de tramways, que celle-ci qui avait sur son réseau employé le joint Falk, l'avait depuis complètement remplacé par un joint mécanique. Dans son rapport, M. Dubs semble assez favorable au joint Falk, mais il a surtout envisagé les tramways dont je n'ai pas à m'occuper ici.

Pour ce qui concerne les chemins de fer d'intérêt local, il n'y a que deux sociétés qui aient employé le joint Falk ou le joint Goldschmidt ; elles s'en montrent assez satisfaites. En Belgique, nous avons suivi les essais qui se faisaient ailleurs avec beaucoup d'intérêt, mais nous ne sommes pas encore décidés jusqu'à ce jour, à les imiter.

Nous continuons à employer le joint mécanique. Nous avons augmenté le nombre des traverses ; nous avons renforcé considérablement nos éclisses ; nous arriverons peut-être au système préconisé par M. Thonet au Congrès de Vienne : le système des six boulons, mais je ne puis encore me décider à proposer le joint soudé pour les chemins de fer d'intérêt local. Je considère que la question reste douteuse, et qu'elle doit rester à l'ordre du jour de nos délibérations. Au demeurant, je ne demande pas mieux que d'être éclairé par ceux de mes collègues des chemins

de fer d'intérêt local qui en auraient fait l'expérience et qui seraient arrivés à formuler des conclusions plus décisives.

En résumé, en présence des incertitudes qui règnent encore, les Compagnies de chemins de fer d'intérêt local se montrent très prudentes vis-à-vis des joints soudés et on ne saurait les en blâmer. Il y a des avantages mais aussi des inconvénients dont le moindre n'est pas le prix très élevé, surtout pour le joint Falk. Il semble donc que la question doit rester ouverte.

Enfin, j'ai cité dans mon rapport, à titre documentaire, quelques autres types de joints soudés et autres, mais d'invention trop récente pour pouvoir se prononcer.

3° Le troisième point, c'est le chevauchement des joints. La presque unanimité des réponses que nous avons reçues, combat énergiquement le chevauchement. Ici encore l'opinion de M. Dubs, et aussi celle de M. Busse, est tout à fait conforme à la mienne. Ces messieurs constatent que le système du joint alterné n'a pas du tout répondu aux espérances ni donné les résultats qu'on en attendait. En réalité, au lieu de supprimer les chocs, on en multiplie, à mon avis, le nombre par deux. Nous ne préconisons donc, conformément du reste aux réponses de la presque unanimité des compagnies, que les deux joints placés sur la même normale à la voie.

4° Enfin, nous avons traité en quatrième lieu, des moyens d'empêcher le desserrage des boulons. C'est là une très grosse question; aussi longtemps qu'il y aura des joints et qu'on emploiera des éclisses, on aura à lutter contre le desserrage des boulons. On a eu recours à un très grand nombre de systèmes. 141 réponses nous sont parvenues : 70 Compagnies n'emploient aucun procédé spécial; on surveille les boulons et on les resserre de temps en temps. 71 autres Compagnies déclarent avoir employé des moyens spéciaux pour empêcher ce desserrage. La plupart de ces systèmes consistent dans l'emploi de rondelles d'acier à ressort; le type de rondelles dit « Grover » semble l'emporter. La qualité du métal de la rondelle a une importance essentielle. Dans ces derniers temps, on a employé également des plaques de serrage formant elles-mêmes ressort et qui paraissent donner de bons résultats. Nous allons les essayer également en Belgique, mais l'expérience est trop récente pour que je puisse émettre une opinion à cet égard; au demeurant, j'estime que nous devons être prudents et ne pas nous prononcer trop vite sur une innovation : il faut attendre une expérience assez longue.

Pour cette question encore, je pense que l'enquête doit rester ouverte, tout en constatant que l'on est arrivé déjà à améliorer sensiblement le serrage des boulons d'éclisses et qu'il existe des moyens déjà assez efficaces sanctionnés par la pratique et qui constituent un réel progrès.

Voilà, Messieurs, le bref résumé du rapport que j'ai eu l'honneur de vous soumettre.

Je termine en proposant à l'assemblée de se rallier aux conclusions que j'ai libellées à la fin de mon rapport.

**M. Résal** (Bordeaux). — Je ne prétends ni critiquer, ni même discuter le rapport si lumineux de notre honorable collègue, M. de Burlet.

Je ne désire qu'attirer votre attention sur un point spécial qui, je crois, n'est pas dénué d'intérêt et qui, — dans des conditions spéciales, il est vrai, — a reçu la sanction de l'expérience.

Dans la première partie de son rapport, M. de Burlet fait remarquer que les exploitations ont une tendance manifeste à augmenter la longueur des barres. Ces longueurs sont nécessairement limitées par les difficultés de fabrication et surtout de transport; il semblerait qu'elles dussent aussi être limitées par les difficultés de la pose de la voie.

En ce qui concerne ce dernier point, voici un fait que je tiens à porter à votre connaissance.

Nous avons eu, l'année dernière, à transformer une voie ordinaire alimentée par trolley, en voie à caniveau. Cette voie était de construction récente, les rails étaient en conséquence à peu près neufs; de nombreuses autres circonstances montraient également que nous avions tout intérêt à ne pas perdre ce matériel. J'ajouterai encore que les rails étaient soudés aux joints.

Voici maintenant comment nous avons opéré : les files de rails soudés ont été coupés en longueurs de quarante à cinquante mètres, puis transportés sur le bord de la chaussée. Les travaux du caniveau étant terminés, ces longueurs de 40 à 50 mètres ont été remises en place et les nouveaux joints coulés au procédé Falk.

Toutes ces opérations ont eu lieu dans des conditions particulièrement difficiles : la rue était étroite et la circulation y était très intense; nous avions de plus à établir une seconde voie et nous ne pouvions pas entraver la circulation des autres véhicules. Et bien! pendant l'exécution de ce travail, soit sur 400 mètres, il n'y a eu aucun accident d'ouvriers ou autres. Les voies ont été remises en état au mois d'octobre de l'année dernière et depuis cette époque le service s'effectue sur la voie à caniveau, sans que nous ayons eu à enregistrer un inconvénient quelconque par suite du réemploi des rails.

La conclusion à en tirer, c'est qu'en réalité il est possible de manœuvrer des rails de 40 à 50 mètres, et je crois même, s'il le fallait, de 200 mètres. Il est vrai que que nous n'aurons jamais de telles longueurs à manœuvrer, mais j'ai voulu simplement montrer que la manutention de ces rails est encore possible.

L'expérience que je viens de citer nous a montré aussi que l'emploi de joints difficiles à démolir, comme l'est le joint Falk, n'est pas une circonstance qui doive faire reculer devant le réemploi des rails.

On peut enfin encore tirer des essais faits sur notre réseau, une autre conclusion pratique : c'est que, dans la recherche d'un joint idéal, il n'y aurait aucun inconvénient à envisager la possibilité d'un joint qui devrait être placé avant la pose des rails. Autrement dit, si on trouvait un joint parfait dont le seul inconvénient serait de devoir être appliqué aux rails avant la mise en place de ces derniers, on pourrait parfaitement en faire usage.

**M. Liebmann** (Magdebourg). — Quelques mots concernant le rapport de M. de Burlet. J'ai été heureux de constater, par les conclusions déposées par le rapporteur, que la question de la construction des voies pour les lignes d'intérêt local ne doit pas être considérée comme élucidée et qu'elle sera encore examinée dans nos congrès futurs. C'est pourquoi je me permets d'attirer l'attention de l'assemblée sur quelques points qui, à mon avis, présentent une certaine importance pour nos études prochaines.

Jusqu'ici, lorsque l'on discute la superstructure de la voie dans les lignes d'intérêt local, on envisage généralement le rail seulement, et l'on estime qu'un rail suffisamment résistant donne, à lui seul, une amélioration sensible de la voie. Une étude théorique du problème, comme aussi les résultats de l'expérience, montrent cependant qu'il ne suffit pas d'envisager seulement le profil du rail ou la longueur des barres, mais qu'il faut considérer également toutes les autres parties constitutives de la voie, telles que traverses, ballast; elles forment pour ainsi dire un tout indivisible. Il y aurait donc lieu, à mon avis, d'examiner également, dans la prochaine étude qui sera faite de la question, l'influence de tous ces organes, par exemple l'influence des dimensions des traverses, notamment de leur longueur : il a été en effet reconnu que, pour les traverses de moindre longueur, les dépenses d'entretien sont beaucoup plus élevées que dans le cas de longues traverses, même lorsque l'on conserve le profil du rail.

Je me résume en demandant donc que dans un examen ultérieur de la question, l'on étudie également la longueur, la largeur et la hauteur des traverses; et aussi, l'épaisseur à donner au ballast; la nature du ballast a déjà été examinée dans nos Congrès.

Enfin, je désirerais appeler votre attention sur ce fait que, quand on parle de la voie, il ne suffit pas d'indiquer la puissance du rail, c'est-à-dire sa hauteur, mais qu'il faut aussi accorder une certaine importance au profil en travers du rail. Il y aurait donc lieu, à mon avis, d'examiner également les résultats obtenus par l'emploi de rails de différents profils; il ne faut en effet pas oublier qu'un même poids de rail donne, suivant la hauteur, des moments d'inertie différents. Je demande donc que les trois points que je viens d'envisager fassent l'objet d'un rapport pour un prochain Congrès.

**M. Thonet** (Liège). — J'appuie la proposition qui vient d'être faite par M. Liebmann; je demanderais cependant qu'on examinât également, dans la prochaine session, l'emploi de traverses métalliques pour les lignes d'intérêt local. Je ferai observer qu'en Italie, ma compagnie emploie des traverses métalliques sur certains de ses réseaux et que les résultats obtenus ont été reconnus satisfaisants.

Je demande aussi à M. de Burlet qu'il veuille bien modifier légèrement un point de ses conclusions. Parlant des joints soudés; il dit: « L'application des joints soudés ne semble pas s'être répandue ».

Il est bien entendu qu'il ne s'agit ici que des lignes de chemins de fer d'intérêt local.

**M. de Burlet** (Bruxelles). — Evidemment; je l'ai répété à maintes reprises dans mon rapport.

**M. Thonet** (Liège). — J'en conviens; mais cependant la personne qui ne lirait que les conclusions du rapport pourrait être induite en erreur et supposer que cette phrase s'applique tout aussi bien aux lignes de tramways qu'aux lignes de chemins de fer d'intérêt local.

**M. le Président.** — Je crois devoir faire observer à M. Thonet que le libellé même de la question porte : Superstructure de la voie pour lignes de chemins de fer d'intérêt local.

**M. de Burlet** (Bruxelles). — Non seulement le libellé de la question montre bien qu'il ne s'agit que des chemins de fer d'intérêt local, mais j'ai explicitement répété dans le premier paragraphe de mes conclusions. Je dis, en effet : « Il n'y a pas lieu de formuler des conclusions définitives; c'est plutôt une enquête que l'Union Internationale a voulu ouvrir sur les conditions d'établissement des voies des chemins de fer d'intérêt local.

**M. Thonet** (Liège). — J'estime que cela ne suffit pas et que l'on pourrait être induit en erreur.

**M. le Président.** — Nous ne pouvons cependant répéter à chaque phrase les mots : « voies pour chemins de fer d'intérêt local ».

**M. Thonet** (Liège). — Evidemment, mais j'estime cependant que nous pourrions avantageusement modifier le troisième alinéa des conclusions comme suit : « En ce qui concerne spécialement les points particuliers faisant l'objet de la question, nous estimons que l'on peut admettre, sous les réserves formulées ci-dessus, les conclusions suivantes qui ne s'appliquent qu'aux lignes de chemins de fer d'intérêt local. »

**M. de Burlet** (Bruxelles). — Je me rallie volontiers à la motion de M. Thonet.

**M. Julius** (Haarlem). — Il me semble un peu téméraire de me trouver en désaccord avec une opinion basée sur la presque unanimité des renseignements reçus en réponse au questionnaire. Mais je voudrais vous entretenir d'une expérience personnelle relativement aux joints alternés. Je suis, pour ma personne, enthousiasmé de ce système.

J'ai pu l'expérimenter sur une ligne intercommunale de 20 km. établie dans les conditions suivantes : rails de 15 mètres de longueur, voie de 35 kilos, traverses rapprochées, joints appuyés avec éclisses cornières. Dans cette voie, le joint alterné m'a donné de si bons résultats, que je n'ai pas hésité à transformer une seconde ligne de mon réseau. Cette transformation a permis de constater que le roulement des voitures était beaucoup plus doux, en d'autres termes que les chocs étaient moindres.

**M. de Burlet** (Bruxelles). — M. Julius voudrait-il répéter les principales dimensions de la voie en question ?

**M. Julius** (Haarlem). — Rails de 15 mètres de longueur, d'un poids de 35 kilos au mètre courant avec éclisses cornières à 6 boulons. Il s'agit d'une ligne à traction électrique sur laquelle la circulation est assez intense. Les voitures sont à boggies.

Je dois ajouter qu'il s'agit en l'occurrence d'une voie extrêmement solide et qui doit en conséquence donner un joint excellent. Je pense que, dans ces conditions, les joints peuvent chevaucher sans grand inconvénient.

**M. de Burlet** (Bruxelles). — A combien de temps remontent ces essais ?

**M. Julius** (Haarlem). — A deux années.

**M. de Burlet** (Bruxelles). — Je ferai remarquer que les conditions d'établissement de la voie dont vient de parler M. Julius, ne sont pas précisément les conditions habituelles des chemins de fer d'intérêt local.

Au demeurant, je parle dans mes conclusions de la presque unanimité des Compagnies et non de l'unanimité. Il serait au reste étonnant qu'il n'y eût pas d'exception à signaler.

Quoi qu'il en soit, le renseignement que vient de nous donner M. Julius est des plus intéressants, et je considère que l'une des principales utilités de notre institution réside précisément dans la communication réciproque d'une exploitation à l'autre, des expériences faites et des résultats acquis.

Il en est de même du renseignement fourni par notre honorable collègue de Bordeaux ; nous sommes là devant un cas particulier fort intéressant qui peut se représenter ailleurs.

Les points sur lesquels M. Liebmann a attiré notre attention, sont également intéressants et méritent examen.

Quant aux traverses métalliques dont a parlé M. Thonet, c'est là aussi une question importante. J'ajouterai cependant de suite que, chez nous, les traverses métalliques nous ont donné de très mauvais résultats.

Il faut aussi songer au poids nécessaire à donner aux traverses, car, comme l'a d'ailleurs déjà fait remarquer M. Liebmann, la masse contribue beaucoup à la résistance des voies ferrées. Mais je ne veux pas entamer cette question, qui sort de notre ordre du jour.



Il y a, à mon avis, également lieu de prendre en considération les traverses en béton armé. J'en ai vues exposées à l'exposition, et elles m'ont paru très intéressantes. On m'a dit qu'on en avait commandé un très grand nombre — 300.000 paraît-il — pour les grands chemins de fer italiens. Si ces traverses en béton armé peuvent résister dans les voies de grands chemins de fer, il semble *a fortiori* qu'elles donneront de bons résultats pour nos chemins de fer d'intérêt local. Cette question également mérite examen.

**M. Chassin** (Dijon). — Dans sa conclusion *c*) relative au chevauchement des joints, M. de Burlet propose : « L'expérience acquise et la pratique suivie par la presque unanimité des Compagnies montrent que la préférence doit être donnée aux joints normaux dans les alignements et aux joints alternés dans les courbes de petit rayon. »

L'honorable rapporteur ne croit-il pas que, dans certains cas, cette conclusion *c*) serait en contradiction avec la conclusion *a*) qui demande des barres aussi longues que possible. Je m'explique. Dans les chemins de fer d'intérêt local, les courbes entrent pour une grande proportion dans la longueur de la voie ; dès lors, si vous prenez des joints normaux dans les alignements et des joints alternés dans les courbes, vous détruisez le bon effet de la longueur des rails. Il y aurait peut-être lieu de dire que dans les chemins de fer d'intérêt local à nombreuses courbes, la voie à joints chevauchés peut être appliquée avec succès. Il ne faudrait cependant pas dire qu'une partie de la voie doit être à joints normaux et l'autre à joints alternés.

**M. de Burlet** (Bruxelles). — Je reconnais le bien fondé de l'observation de M. Chassin. Celui-ci a-t-il une rédaction à proposer ?

**M. Chassin** (Dijon). — Il suffirait, je crois, d'ajouter dans la conclusion *c*), les mots : « pour autant que la sinuosité du tracé le permet ». La conclusion *c*) deviendrait alors : « L'expérience acquise et la pratique suivie par la presque unanimité des Compagnies montrent que, pour autant que la sinuosité du tracé le permet, la préférence doit être donnée aux joints normaux dans les alignements et aux joints alternés dans les courbes de petit rayon. »

**M. de Burlet** (Bruxelles). — Je me déclare d'accord sur cette modification de la conclusion *c*).

**M. Janssen**, Président de l'Union internationale. — La discussion du rapport de M. de Burlet paraît épuisée ; je propose à l'Assemblée de laisser au Comité de direction le soin de décider de l'opportunité de mettre à l'ordre du jour d'un prochain congrès les différents points qui ont été soulevés pendant la discussion. (*Approbaton générale.*)

**M. le Président.** — Je mets aux voix les conclusions modifiées du rapport de M. de Burlet. Ces conclusions sont libellées comme suit :

« Il n'y a pas lieu, semble-t-il, de formuler de conclusions définitives : c'est plutôt une enquête que l'Union Internationale a voulu ouvrir sur les conditions d'établissement des voies des chemins de fer d'intérêt local. Elle se poursuit d'une façon très intéressante et les Compagnies affiliées y ont apporté d'abondants matériaux qui contribueront sans doute à apporter sur plus d'un point des solutions pratiques.

» Il convient de ne point clôturer cette enquête, plusieurs applications de systèmes nouveaux étant trop récentes encore pour que l'on puisse émettre une opinion définitive.

» En ce qui concerne spécialement les points particuliers faisant l'objet de la question, nous estimons que l'on peut admettre, sous les réserves formulées ci-dessus,

les conclusions suivantes, qui ne s'appliquent qu'aux lignes de chemins de fer d'intérêt local.

» A) Longueur des rails :

» Il y a une tendance de plus en plus grande à augmenter la longueur des barres.

» B) Joints soudés :

» Les expériences ont donné des résultats qui restent douteux et ne permettent pas de formuler une conclusion. Il convient de laisser la question ouverte. L'application des joints soudés ne semble pas s'être répandue.

» On semble chercher depuis quelque temps le renforcement du joint au moyen d'autres procédés que la soudure, mais ici encore l'expérience est de trop courte durée pour que l'on puisse se prononcer.

» C) Chevauchement des joints :

» L'expérience acquise et la pratique suivie par la presque unanimité des Compagnies montrent que, pour autant que la sinuosité du tracé le permet, la préférence doit être donnée aux joints normaux dans les alignements et aux joints alternés dans les courbes de petit rayon.

» D) Moyens d'empêcher le desserrage des boulons :

» Beaucoup de systèmes ont été expérimentés, dont bon nombre ont donné des résultats satisfaisants, notamment les rondelles. Il n'est cependant pas possible encore de décider quel système est le plus efficace et doit être préféré. »

Ce sont là, Messieurs, des conclusions qui me paraissent très prudentes et j'estime que le Congrès peut s'y rallier sans inconvénient. (*Approbaton générale.*)

Tout le monde étant d'accord, je déclare ces conclusions adoptées.

Il me reste à présenter à l'éminent Directeur Général de la Société Nationale des Chemins de fer vicinaux de Belgique, au nom de l'assemblée, nos plus chaleureux remerciements pour le remarquable rapport qu'il nous a présenté.

Messieurs, notre ordre du jour appelle comme troisième point : Résultats obtenus par l'emploi des compteurs de courant et autres sur les voitures de tramways.

L'heure étant déjà assez avancée, je vous propose de remettre l'examen de cette question à notre séance de demain. (*Approbaton générale.*)

**M. Janssen**, Président de l'Union Internationale. — Avant que notre distingué président, M. le Professeur Saldini, ne clôtüre cette troisième séance, permettez-moi de lui exprimer en votre nom, notre vive gratitude pour sa magistrale présidence. Il nous remerciait tantôt de l'avoir prié de conduire nos travaux; c'est nous, au contraire, qui lui savons infiniment gré de nous avoir fait cet honneur. J'espère que, lorsque nous aurons quitté Milan, M. Saldini gardera de nous le même excellent souvenir que nous conserverons de sa présence parmi nous. (*Vifs applaudissements.*)

**M. le Président.** — Je remercie bien vivement l'assemblée des applaudissements qui ont souligné les paroles trop aimables de M. Janssen. Soyez certains que les quelques heures que j'ai eu le bonheur de passer parmi vous resteront longtemps gravées dans ma mémoire.

(*La séance est levée à 12 heures 10.*)

---

## Quatrième Séance.

VENDREDI 21 SEPTEMBRE 1906.

(Ouverture de la séance à 9 1/4 heures.)

---

Présidence M. Léon JANSSEN,

Président de l'Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local.

**M. le Président.** — Nous abordons, Messieurs, l'ordre du jour de notre quatrième et dernière séance par la discussion de la question suivante qui n'a pu être traitée hier : **Résultats obtenus par l'emploi des compteurs de courant et autres sur les voitures de tramways (1).**

La parole est au rapporteur, M. Wattmann, Directeur des Tramways municipaux de Cologne.

**M. Wattmann** (Cologne). — Messieurs. J'estime que vous avez eu l'occasion de prendre connaissance du rapport que j'ai élaboré sur la question pleine d'actualité des compteurs de voitures ; je crois donc pouvoir me contenter de vous résumer les points saillants qui ressortent de l'enquête faite par l'Union internationale.

L'expérience acquise aujourd'hui par un grand nombre d'exploitations importantes est telle qu'on ne peut convenablement, — comme paraissent cependant encore le faire plus d'un homme de tramways, — se refuser à admettre l'utilité pratique des compteurs de voitures. Dans toutes les exploitations qui ont procédé à des essais quelque peu importants sur la consommation de courant des voitures, que ces essais aient été faits au moyen de compteurs de courant ou de compteurs horaires, partout on a dû reconnaître que l'application des compteurs conduisait à une économie plus ou moins élevée de courant. C'est là un fait qui a si souvent été confirmé par l'expérience, qu'à mon avis, aucun doute ne peut plus subsister à cet égard, et les craintes des quelques exploitations chez lesquelles l'essai des compteurs n'a pas donné des résultats heureux, doivent faire place à la réalité.

Les quelques insuccès que l'on a eu à enregistrer, doivent à mon avis, être attribués au mauvais conditionnement des compteurs mis à l'essai ; nombreux sont en effet les types de compteurs qui ont été lancés sur le marché sans remplir les conditions que nécessitait un bon fonctionnement.

D'autre part, les essais ne peuvent être concluants que s'ils sont entrepris sur une grande échelle. L'exploitant dont le parc de voitures comprendrait 40 à 50 motrices et qui n'entreprendrait des essais que moyennant deux compteurs seulement, ne pourrait que difficilement arriver à des résultats pratiques : chaque wattman ne desservirait en effet qu'une ou deux fois par mois l'une ou l'autre des voitures équipées

---

(1) Voir rapport : Annexe IX.

de compteurs; il est dès lors à peu près impossible de comparer efficacement entre eux les résultats individuels obtenus par le personnel.

En effet, pour qu'elle soit rationnelle, la comparaison ne doit pas porter sur les résultats obtenus pendant quelques journées, mais elle doit s'étendre sur une longue série d'observations, afin de compenser autant que possible les facteurs étrangers qui influencent la consommation de courant, tels que : état de l'atmosphère, circulation générale de la rue, type des voitures. Tous ces facteurs doivent être éliminés d'une manière ou de l'autre, car sinon ils entachent d'une telle manière les résultats obtenus, que l'on ne peut en tirer aucune conclusion efficace concernant l'habileté individuelle des wattmen.

J'en arrive à la question : faut-il donner la préférence aux compteurs de courant ou aux compteurs horaires ? Cette question est très controversée; elle a été dans ces derniers temps tellement discutée qu'il me semble prématuré de vouloir conclure en faveur de l'une ou de l'autre méthode. Tout le monde est cependant d'accord pour reconnaître que les compteurs horaires perdront de leur importance, dès que l'on sera parvenu à construire un compteur de courant d'une marche sûre et d'un prix peu élevé. Les partisans des compteurs horaires prétendent que l'on n'est pas encore parvenu à établir un compteur de courant répondant à ces exigences; par contre, les partisans de la mesure directe du courant sont satisfaits du compteur employé par eux. Espérons qu'il sera possible de perfectionner encore davantage la construction des wattheures-mètres pour éliminer les défauts qui les entachent encore en partie.

Le reproche le plus important que l'on adresse aux compteurs horaires, c'est que la mesure du temps pendant lequel la voiture est mise sous courant, n'est pas nécessairement proportionnelle à la consommation d'énergie; en d'autres termes, que le fait qu'une voiture a été mise sous courant pendant une durée minimum, n'implique pas nécessairement une économie de courant.

Dans mon rapport, j'avais exprimé le vœu de voir cette question étudiée d'une manière pratique, c'est-à-dire de voir mesurer simultanément dans une même voiture, d'une part la durée de la mise sous courant, d'autre part la consommation d'énergie en watts-heures; cette manière de faire déterminerait d'une façon précise la concordance ou la non-concordance des mesures de temps et de courant.

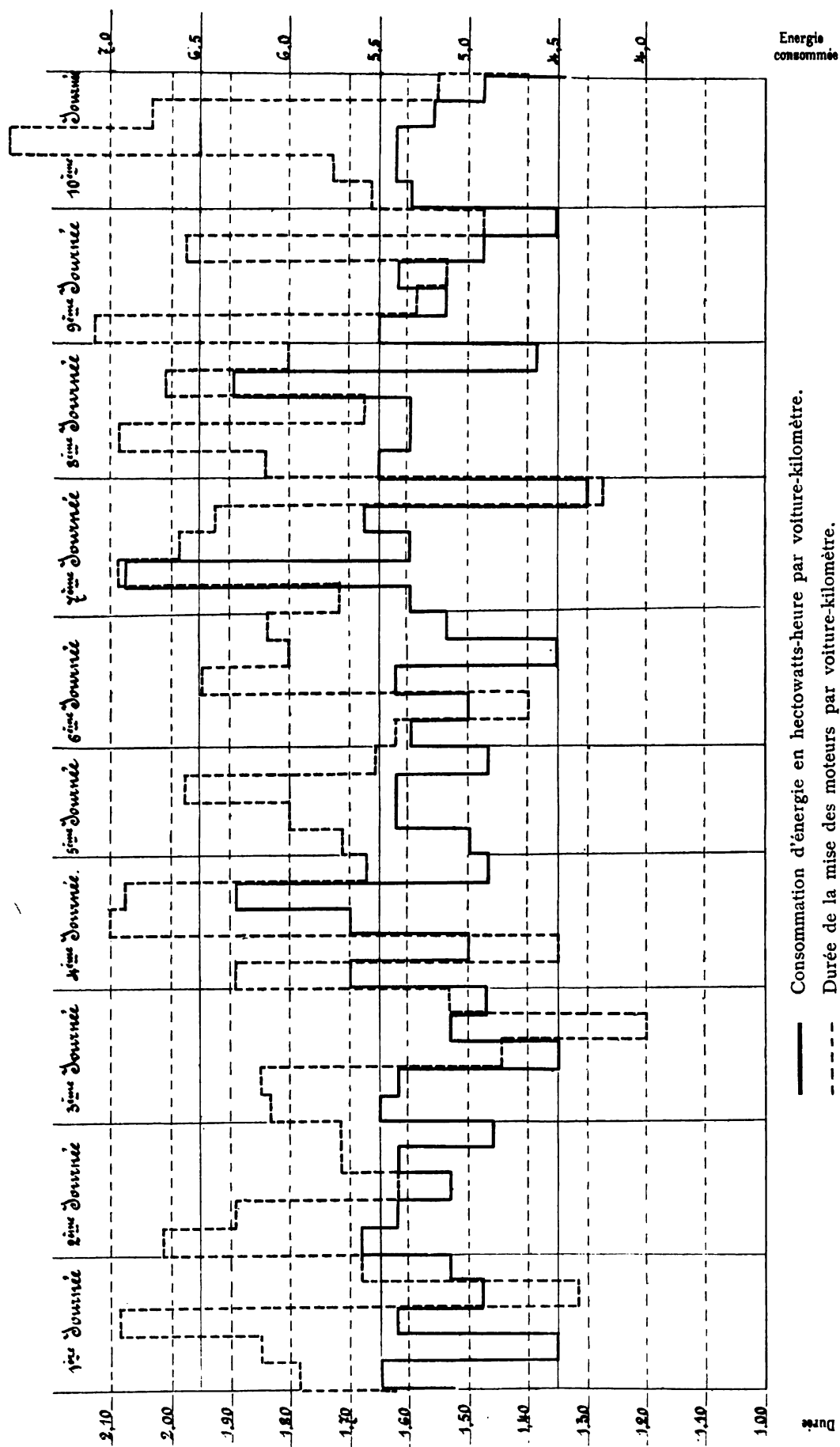
Depuis l'élaboration de mon rapport, j'ai eu l'occasion de procéder à de tels essais sur une voiture des tramways municipaux de Cologne et ai indiqué les résultats obtenus sur un graphique. (*L'orateur donne quelques explications concernant ce graphique, lequel est reproduit ci-contre.*)

Les essais furent entrepris sur une voiture à deux essieux, équipée de deux moteurs; ils furent continués pendant dix journées consécutives. Le graphique indique, rapportés à la voiture-kilomètre, les résultats obtenus par chacun des wattmen qui eurent successivement à desservir la dite voiture. La ligne en trait plein indique le nombre d'hectowatt-heures consommés par voiture-kilomètre; la ligne en traits interrompus, la durée de la mise sous courant des moteurs par voiture-kilomètre.

Comme le montre ce diagramme, les deux lignes comportent, il est vrai, souvent une allure concordante, mais présentent souvent aussi des écarts.

Afin de mieux déduire la valeur pratique de ces deux diagrammes, il suffit de censurer l'habileté des différents wattmen en leur donnant des notes d'appréciation allant de 1 à 5 correspondant à « Bien » jusque « Peu satisfaisant ». En appliquant cette méthode au diagramme en question, on verra que pour 49 notes à donner, celles-ci seront les mêmes pour les deux méthodes de mesure, dans 18 cas; dans 23 cas, les notes différeront d'un degré; dans 7 cas, de deux degrés et dans un cas, de trois degrés.

Ce serait aller trop loin que de vouloir déduire ici toutes les intéressantes conclusions que l'on pourrait tirer de ce diagramme; il me suffira de vous faire remarquer



— Consommation d'énergie en hectowatts-heure par voiture-kilomètre.  
- - - - - Durée de la mise des moteurs par voiture-kilomètre.

que la cause de l'allure différente des deux courbes ne doit pas être attribuée seulement au fait que la consommation de temps et la consommation d'énergie sont deux grandeurs qui ne peuvent être comparées entre elles; on peut en effet également admettre que cette discordance résulte du manque d'exactitude des compteurs de courant.

En résumé, il me semble prématuré de vouloir conclure définitivement en faveur des compteurs de courant ou des compteurs horaires; j'estime de plus que cette question ne peut être résolue par des considérations théoriques, comme on a souvent cherché à le faire, mais que seuls des essais pratiques et une expérience de longue durée sont capables de résoudre définitivement le problème. Je m'estimerai heureux si mon rapport pouvait inciter les exploitants de tramways à étudier d'un commun accord la question des compteurs de voitures et à contribuer ainsi à la solution de cet intéressant problème.

Je ne crois pas devoir m'étendre ici sur les méthodes à conseiller pour la mise en valeur des résultats obtenus par l'emploi des compteurs; je crois avoir indiqué dans mon rapport toutes les données suffisantes pour établir un programme de contrôle pouvant s'approprier à toutes les conditions locales.

Je termine ici la communication que j'ai désiré faire pour vous présenter mon rapport; je n'ai nullement la prétention d'avoir étudié dans celui-ci, d'une façon complète et définitive, la question des compteurs. Je serai heureux si les quelques points que j'ai examinés, pouvaient pousser mes collègues à étudier cet intéressant problème d'une manière plus approfondie et à élucider ainsi certains points encore obscurs aujourd'hui. Et lorsque dans deux ans, l'Union internationale se réunira à nouveau, j'espère que la question des compteurs de courant sera maintenue à l'ordre du jour, et qu'un nouveau rapport viendra alors combler les lacunes de ma communication d'aujourd'hui.

**M. Koehler** (Berlin). — Je ne crois pas devoir vous démontrer ici l'importance capitale que présente pour les exploitations de tramways la consommation d'énergie. Les dépenses résultant de la fourniture du courant peuvent, suivant le prix de revient de celui-ci, atteindre jusque 20 % des dépenses totales d'exploitation. Dans ces conditions, il est naturel que tous les problèmes ayant pour but une diminution quelconque dans la consommation de courant, présentent, pour les exploitants de tramways, une grande importance. Je suis complètement d'accord avec l'honorable rapporteur quand celui-ci dit qu'un système de contrôle du personnel par la mesure de l'énergie dépensée doit conduire à une économie plus ou moins grande d'énergie, économie qui se traduit naturellement par une économie d'argent. Comme lui, j'estime aussi que les essais auxquels ont procédé jusqu'aujourd'hui certaines exploitations ne sont pas encore assez concluants pour nous permettre un jugement définitif sur l'état de la question.

Un point cependant sur lequel je ne suis plus d'accord avec le rapporteur; celui-ci, à la fin de son rapport, écrit : « Nous doutons que l'on obtienne de meilleurs résultats en répartissant aux meilleurs wattmen des primes d'économie plutôt qu'en les instruisant à nouveau, en leur donnant des conseils et en éveillant leur amour-propre par la publication dans les dépôts des résultats obtenus par chacun d'eux ». Il ajoute : « La solution à donner à cette question dépend surtout du caractère de la population et doit être étudiée spécialement dans chaque cas particulier ».

Je n'ai pas bien compris cette dernière partie. M. Wattmann veut-il parler du caractère de la population de la ville où se trouve le tramway, ou bien du caractère du personnel desservant, caractère qui naturellement est intimement lié au caractère de la population ?

**M. Wattmann** (Cologne). — J'ai surtout en vue le caractère du personnel desservant.

**M. Koehler** (Berlin). — On peut, il est vrai, obtenir certains avantages en agissant sur l'amour-propre du personnel. J'estime cependant qu'une participation matérielle des wattmen dans les économies réalisées, inciterait ceux-ci bien davantage à desservir leurs voitures avec plus d'attention; aussi je suis d'avis qu'un système de contrôle au moyen de compteurs de voitures perdrait à la longue de sa valeur, notamment dans les réseaux quelque peu importants, si le personnel n'était pas intéressé aux économies réalisées.

Dans les petits réseaux, il est évidemment facile de discerner l'habileté personnelle d'un chacun, mais pour des réseaux importants comportant un nombreux personnel ne se connaissant souvent pas ou tout au moins ne se connaissant que d'une manière superficielle, l'introduction de primes d'économie me semble une nécessité. Ce système de primes d'économie présente évidemment pour l'exploitant des inconvénients qui peuvent, dans certains cas, réduire considérablement les avantages résultant des économies réalisées : il faut en effet, pour obtenir du système de primes une certaine efficacité, que les primes allouées soient suffisamment conséquentes pour inciter le personnel à l'économie.

Mais à côté de cet inconvénient, le système de primes d'économie présente, à mon avis, un certain danger. Il est d'ailleurs à constater qu'en général le personnel conducteur n'est guère partisan du système de primes; je rappelle ici, en passant, ce qui s'est passé à l'Administration des Chemins de fer de la Prusse, qui a dû supprimer l'allocation de primes. En général, le personnel conducteur préfère voir les administrations attribuer à la totalité du personnel, à titre d'augmentation de salaire, la moyenne des primes allouées jusqu'alors à la partie d'élite. Maintes administrations ont déjà accepté cette manière de faire. Il est également intéressant de constater que, dans une exploitation importante représentée à cette assemblée, exploitation qui récompense ses meilleurs wattmen par des primes d'économie, il se constate une certaine agitation dans le personnel pour réclamer la transformation des primes allouées aux meilleurs par une prime moyenne allouée à la totalité des wattmen.

Je termine en me ralliant à la motion de l'honorable collègue demandant de reprendre cette intéressante et importante question à notre prochain congrès, pour l'élucider davantage. Je crains cependant que deux années ne suffiront pas pour arriver au but désiré, c'est-à-dire pour l'élucider complètement.

**M. Wattmann** (Cologne). — M. Koehler estime que, dans les réseaux importants, l'allocation de primes aux meilleurs wattmen ne peut pas être évitée; mais immédiatement après, il nous montre les dangers que présente le système de primes, précisément dans les réseaux importants. Pour ma part, je partage les craintes de M. Koehler; aussi me suis-je exprimé à ce sujet, dans mon rapport, avec beaucoup de circonspection. Bien que l'allocation de primes ait déjà donné lieu à des difficultés dans certaines exploitations, le mal ne pourra qu'empirer avec les progrès du mouvement socialiste. Dans les grandes exploitations surtout, le principe de l'égalité est mis en avant : personne, dit-on, ne doit recevoir des avantages que ne reçoivent pas les autres.

Ce mouvement que nous rencontrons dans la question des salaires, nous le rencontrons aussi dans la question des primes. Je suis, en ce qui me concerne, intimement persuadé que le mécontentement ouvrier ira toujours en s'accroissant, précisément là où quelques employés recevront plus que les autres, soit en salaires, soit en primes; c'est pourquoi j'estime que l'allocation de primes deviendra à la longue impossible, surtout dans les exploitations importantes. A ce point de vue donc, je ne partage pas la manière de voir de M. Koehler; dans les petites exploitations, ce système de primes est peut-être encore possible; mais, je le répète, il devient à la longue impraticable dans les exploitations importantes.

Mais, même dans les petites exploitations, on peut facilement s'en dispenser : on y est, en effet, mieux à même connaître son personnel et l'influence du chef peut y jouer un certain rôle. Je dois ajouter, Messieurs, que l'opinion que je viens d'exprimer m'est tout à fait personnelle : elle est donc critiquable. Il résulte d'ailleurs de l'enquête faite par les soins de l'Union internationale, que les opinions sont encore très divergentes à ce point de vue : les uns sont partisans du système de primes ; d'autres, par contre, en sont tout à fait adversaires.

**M. Paulus** (Nuremberg). — Quelques mots seulement concernant la question des primes d'économie. J'estime que l'allocation de primes ne nous donne pas seulement un moyen d'arriver à de notables économies de courant, mais que de plus, si on y attache le caractère d'une distinction honorifique accordée aux meilleurs wattmen à la fin de l'année, elle nous permet de nous attacher très efficacement nos hommes et de combattre le mouvement socialiste qui se fait malheureusement déjà trop sentir dans le personnel de nos exploitations. Aussi dans les corps où règne une forte discipline, notamment dans l'armée, on n'a nullement renoncé à l'allocation de primes et à la distinction honorifique qui en découle. Si donc les armées ont recours à cet expédient, et sont obligées même d'y avoir recours, *a fortiori* les exploitations de tramways, qui ne peuvent aussi efficacement combattre le mouvement socialiste, doivent-elles s'empresse de mettre en valeur ce moyen de contentement. A mon avis d'ailleurs, le système de primes d'économie est très praticable ; il a déjà été mis en pratique, — dans de petites exploitations, il est vrai, — et toujours avec succès.

**M. Koehler** nous a donné comme épouvantail l'exemple de l'Administration des Chemins de fer de la Prusse. Cet exemple ne semble pas s'appliquer fort bien à notre genre d'exploitation ; et d'ailleurs nous ne savons pas si l'Administration des Chemins de fer de la Prusse n'avait pas l'intention d'augmenter d'elle-même ses salaires, même si la question des primes n'avait pas existé : elle aura probablement profité de l'occasion qui se présentait à elle, pour supprimer les primes qu'elle accordait.

Je crois donc que, dans l'intérêt d'une bonne entente entre employés et employeurs, le système de primes peut avoir d'heureux résultats ; je termine en engageant mes collègues à en faire l'essai.

**M. Koehler** (Berlin). — M. Paulus m'a probablement mal compris ; je n'ai voulu nullement vous montrer l'Administration des Chemins de fer de la Prusse comme un épouvantail ; j'ai simplement constaté que cette administration s'était vue dans l'obligation de renoncer à l'allocation des primes qu'elle distribuait depuis longtemps, pour les remplacer par une augmentation générale des salaires en faveur de la totalité de son personnel.

J'ai tenu à attirer par là votre attention sur le danger et sur les conséquences que pourrait produire l'introduction du système de primes d'économie dont, — je tiens à le faire remarquer, — je suis moi-même partisan. J'ai tenu aussi à vous citer l'exemple d'un exploitant important appartenant à notre association ; cet exploitant, qui a équipé de compteurs la totalité de ses voitures, a déjà introduit le système de primes d'économie sur une vaste échelle. Son personnel est devenu peu partisan de ce système de primes et s'est adressé la direction en disant : Renonce à ton système de primes ; donne plutôt un peu plus à chacun de nous ; nous ne pouvons admettre qu'à la longue une partie du personnel soit plus avantagée que l'autre !

**M. L'Hoest**, Délégué du Gouvernement Belge. — Je suis assez surpris des objections qui viennent d'être soulevées au point de vue de l'allocation de primes d'économie. Ce système existe depuis un grand nombre d'années aux Chemins de fer de l'Etat belge, et je ne sache pas qu'il ait donné lieu à la moindre réclamation. Notre personnel n'est cependant ni plus ni moins socialiste que celui des autres pays.



**M. Grialou** (Lyon). — Je suppose que la question des compteurs a été mise à l'ordre du jour du Congrès au seul point de vue de l'économie que l'on peut réaliser en réduisant au minimum l'énergie nécessaire à la propulsion des voitures.

J'estime que cette question n'est pas si simple qu'elle ne le paraît au premier abord; qu'elle est au contraire étroitement liée à certaines conditions relatives aux exigences de la sécurité, qui mettent l'exploitant dans l'impossibilité pratique de réduire au minimum sa consommation de courant.

Un exemple fera mieux saisir mon observation. Les wattmen ont bien souvent la mauvaise habitude de conduire leurs voitures de façon à arriver aux points d'arrêt à une très grande vitesse; pour obtenir l'arrêt de la voiture, ils font agir le frein, amortissant ainsi des forces vives parfois très importantes. C'est là évidemment un procédé très mauvais au point de vue de la consommation de courant. La raison pour laquelle les wattmen agissent de la sorte, c'est qu'ils veulent gagner du temps sur la durée du trajet, afin de pouvoir stationner plus longtemps aux terminus des lignes.

Si on leur donne une prime pour réduire la consommation de courant, ils s'empresseront de mettre le plus rapidement possible leurs voitures à la vitesse maximum, en réduisant à un minimum la période d'accélération; une fois la vitesse maximum atteinte, ils laisseront la voiture rouler en vertu de la vitesse acquise. Cette manière de procéder est naturellement celle conduisant à la consommation minimum de courant.

Il serait intéressant de savoir si, dans les exploitations ayant installé les compteurs de voitures et dont les wattmen sont en conséquence portés à desservir les voitures comme il vient d'être dit, cette manière de procéder n'a pas eu pour résultat de provoquer des accidents plus nombreux? C'est là un point très important, car il est évident que ces vitesses supérieures de beaucoup à la vitesse moyenne, empêchent difficilement les collisions.

Un autre inconvénient qui, me semble-t-il, doit résulter indirectement de l'installation des compteurs, c'est que les wattmen, préoccupés surtout de réduire à un minimum leur consommation de courant, seraient portés à ne plus observer l'horaire qui leur serait prescrit.

Il ressort de la discussion que la question des compteurs sera probablement remise à l'ordre du jour d'un prochain congrès; s'il en était ainsi, j'estime qu'il y aurait lieu de demander aux compagnies affiliées à l'Union internationale si le fait de desservir les voitures dans le seul but de réduire à un minimum la consommation de courant, n'a pas eu pour résultat un plus grand nombre d'accidents et une non-observation de l'horaire des lignes.

**M. Wattmann** (Cologne). — Il est en effet à craindre que le wattman, dans le but de réduire sa consommation de courant, ne soit poussé à démarrer trop brusquement, que le contrôle soit fait par des compteurs horaires ou des compteurs wattmètres. Dans les deux cas en effet la consommation sera la plus réduite par un passage aussi rapide que possible sur les touches de résistance. Il peut y avoir là une source d'abus; ceux-ci doivent être naturellement réprimés par un contrôle actif des mécaniciens de la part du personnel de surveillance.

J'ajouterai que les exploitations qui ont appliqué le contrôle par compteurs depuis de longues années et sur une grande échelle, sont unanimes à reconnaître qu'une surveillance quelque peu active suffit à réprimer les abus résultant d'un démarrage trop brusque.

Quant au second point soulevé par M. Grialou, celui concernant la non-observation de l'horaire des lignes, je ne puis comprendre ses craintes. Une exploitation qui serait si peu surveillée au point que l'horaire des lignes ne serait plus observée, ne pourrait, dans une ville quelque peu importante, avoir droit d'existence. Au reste, les wattmen ont maintes autres occasions pour ne pas observer l'horaire, de sorte qu'un contrôle actif et sévère sur ce point, s'impose déjà de lui-même.

**M. Battes** (Francfort s/M.). — Quelques mots seulement pour répondre à quelques observations soulevées dans le cours de la discussion.

Nous avons installé aux Tramways municipaux de Francfort un système de contrôle par compteurs horaires depuis plus d'un an. Les résultats obtenus ont été des plus satisfaisants ; c'est ainsi que, pour une consommation annuelle de courant s'élevant de 600.000 à 700.000 Marks, nous sommes parvenus à réaliser une économie de 120.000 Marks.

L'application de ce système de contrôle n'a nullement eu comme conséquence un accroissement du nombre d'accidents ou une non-observation de l'horaire. Bien au contraire : le nombre d'accidents a été considérablement réduit et l'horaire a été mieux suivi. La chose est d'ailleurs naturelle, car la totalité de nos voitures étant équipées de compteurs, tous les wattmen préoccupés de réduire la consommation à un minimum, travaillent en conséquence tous de la même manière et l'horaire doit alors naturellement devenir plus uniforme.

En ce qui concerne les inconvénients du trop rapide démarrage, ceux-ci ont été beaucoup exagérés ; la pratique nous a même démontré qu'ils sont si peu importants qu'on peut sans inconvénient supprimer des voitures une grande partie des résistances.

Quant à l'allocation de primes d'économie, plusieurs de mes collègues qui, dans leurs exploitations, ont introduit ce système d'encouragement, m'ont notamment dit que cette manière de faire pouvait avoir de très fâcheuses conséquences. Nous demandons en effet de nos mécaniciens, autre chose qu'une réduction de courant ; il peut fort bien arriver que des mécaniciens, laissant à désirer sous certains rapports, arrivent à recevoir les primes les plus élevées. Les essais relativement longs auxquels nous avons procédé, nous ont permis de constater que tous les wattmen ne sont pas uniformément capables de réduire, suivant les circonstances, la consommation du courant à un minimum ; il manque à maints d'entre eux l'intelligence voulue pour apprécier, comme il le faudrait, les différentes conditions de marche. Ces hommes, quoique pouvant être compris dans la meilleure catégorie du personnel, ne parviennent souvent pas, malgré les enseignements répétés, à réduire à un minimum leur consommation de courant ; leur contingent est parfois relativement élevé et, vu la satisfaction qu'ils donnent à leurs chefs d'une manière générale, ce serait une injustice que de ne pouvoir leur attribuer les plus hautes primes. C'est pour ces motifs que nous n'avons jamais songé à introduire chez nous le système de primes d'économie. Les résultats que nous avons obtenus, montrent d'ailleurs que, sans ce système aussi, on peut arriver à de brillants résultats.

**M. Stahl** (Dusseldorf). — Les Tramways de Dusseldorf ont, depuis longtemps déjà, équipé de compteurs la totalité de leurs voitures. Pour répondre à l'observation présentée par l'honorable M. Grialou, je crois devoir faire remarquer que nous n'avons jamais constaté une augmentation du nombre d'accidents, ni une non-observation de l'horaire. D'après M. Grialou, il serait également à craindre que l'introduction de compteurs ne donnât lieu à des enquêtes de la part des autorités ; qu'elle pouvait aussi avoir des conséquences auxquelles nous ne songions pas encore aujourd'hui. Je tiens à rassurer notre honorable collègue sur ces points ; depuis que nous avons appliqué des compteurs sur la totalité de nos voitures, nous n'avons encore constaté aucun des inconvénients auxquels il a fait allusion.

**M. le Président.** — Il semble résulter de la discussion que la question des compteurs est loin d'être élucidée ; je propose à l'assemblée de laisser au Comité de direction le soin de juger s'il y a lieu de porter à nouveau cette question à l'ordre du jour d'un congrès ultérieur. (*Approbation générale.*)

Avant de passer au point suivant de notre ordre du jour, je tiens à me faire l'interprète de l'assemblée pour remercier notre honorable collègue M. Wattmann pour

le brillant rapport qu'il nous a présenté sur cette intéressante question des compteurs. (*Applaudissements.*)

Nous passons à la question suivante : **Avantages et inconvénients des différents systèmes de freins mécaniques en usage dans les exploitations de tramways électriques (1).**

Deux rapporteurs ont été désignés pour cette question : M. Petit, Ingénieur, Chef de division à la Société Nationale des Chemins de fer vicinaux, Bruxelles, et M. Scholtes, Directeur des Tramways de Nuremberg-Furth.

Notre collègue M. Petit étant empêché d'assister à notre Congrès, M. de Burlet, Directeur Général de la Société nationale des Chemins de fer vicinaux, a bien voulu le remplacer. Je lui donne la parole.

**M. De Burlet** (Bruxelles). — Avant de vous donner un résumé du rapport de M. Petit, je puis vous faire la même observation que celle que j'ai eu l'honneur de vous présenter hier : la question des freins pour les tramways et chemins de fer d'intérêt local restera longtemps encore, je pense, à l'ordre du jour de nos travaux et cela pour une excellente raison. C'est que cette question est, en toute première ligne, à l'ordre du jour des préoccupations de tous ceux qui s'occupent de tramways et de chemins de fer d'intérêt local ; et il ne faut pas s'en étonner : c'est une question qui intéresse au plus haut degré la sécurité publique ; elle intéresse le public qui circule dans nos voitures ; elle intéresse le public qui circule dans les rues et sur les routes que nous empruntons ; elle intéresse les autorités municipales, provinciales, gouvernementales qui ont la charge de la sécurité publique et elle intéresse surtout les exploitants qui savent quelles sont les conséquences redoutables, conséquences morales et conséquences financières, des accidents qui se produisent dans leurs lignes. Il ne faut donc pas être surpris que cette question ait déjà été débattue plusieurs fois dans nos réunions. Au Congrès de Vienne, il y a eu, sur les différents systèmes de freins, d'assez longues discussions qui n'ont abouti ni à un accord ni à des conclusions bien précises.

En 1905, une autre association que la nôtre, l'Association allemande des Tramways et Chemins de fer d'intérêt local, réunie à Francfort, a entendu deux rapports très intéressants, très complets et véritablement remarquables sur la question des freins. L'un d'eux y a été précisément présenté par le second rapporteur de la question des freins au Congrès de Milan, l'honorable M. Scholtes. Ces deux rapports concluent de façon différente : l'un d'eux estime qu'il faut donner la préférence au frein électrique ; le second pense que c'est le frein à air qui doit l'emporter.

La question revient devant le Congrès de Milan, pour la troisième fois, je pense. Il y a eu 128 réponses au questionnaire envoyé et ces réponses, qui sont toutes très documentées, très sérieuses, révèlent également des divergences d'application très considérables. En réalité, deux courants se manifestent : le premier en faveur du frein électrique, le second en faveur du frein à air. L'on ne doit pas s'en étonner : la question des freins est particulièrement subordonnée aux circonstances locales et aux conditions spéciales des différentes exploitations. Il est évident que le frein doit être en rapport avec le profil de la ligne, avec le poids des véhicules, avec l'importance du trafic, avec l'intensité de la circulation sur les routes empruntées.

Il semble cependant qu'il y a au moins accord sur deux points. Le premier point est celui-ci : c'est qu'à côté du frein de service, il faut un frein de secours puissant et prompt, indépendamment du frein à contre-courant, avec dispositif spécial ; en second lieu, c'est que le frein utilisé comme frein de service doit remplir cette double condition de fonctionner sans à-coups et d'occasionner au wattman le

---

(1) Voir rapports : Annexes X et XI.

minimum de fatigue. A ce deuxième point de vue, on peut même dire que l'on est d'accord pour reconnaître que, lorsqu'il s'agit d'une ligne à fortes rampes, d'une certaine longueur et sur laquelle circule un matériel lourd, le frein à main est insuffisant. Il en faut un second, un frein mécanique.

Quel doit être cet autre frein ? Voilà précisément où naissent les divergences. J'ai dit tout à l'heure que l'on retrouvait toujours les deux écoles, savoir les partisans du frein électrique et les partisans du frein à air.

Les freins électriques sont subdivisés par M. Petit en différentes catégories : le frein à court-circuit, le frein à contre-courant, le frein électromagnétique à disques ou à patins et les freins à solénoïde.

Quant aux freins à air, ils sont tous basés sur l'emploi de l'air comprimé ; les systèmes employés diffèrent entre eux soit par le mode de compression de l'air : station centrale de compression, compresseur mû par un excentrique ou par un moteur électrique ; soit par leur mode d'action : frein automatique, non automatique, etc.

Donc, Messieurs, on constate qu'il y a de nombreux systèmes et de nombreux avis sur la question. Il y a même, chose étonnante, des divergences notables sur les dépenses de premier établissement et d'entretien.

Cependant, d'après le rapporteur que je remplace ici bien imparfaitement, on pourrait conclure des différents chiffres qui ont été fournis, que l'installation et aussi l'entretien des freins électriques sont moins coûteux que l'installation et l'entretien des freins à air comprimé. Sur ce point, le frein électrique aurait donc un avantage.

M. Petit examine ensuite assez longuement la dépense d'énergie électrique pour le fonctionnement du frein à air. Cette partie de son rapport est assez difficile à résumer et je me permets d'y renvoyer les auditeurs. Je n'ai pas la compétence voulue pour discuter tous ces détails et puis la question vise plus spécialement les tramways. Or, j'appartiens à la famille des chemins de fer d'intérêt local à laquelle il est interdit de faire du tramway. Je ne m'aventure pas davantage sur ce terrain périlleux... *intedo per ignes* ! Je vois sourire notre honorable Président. Oh ! je sais très bien qu'il existe un pays de ma connaissance où l'on accuse une certaine Société de chemins de fer d'intérêt local, tantôt de jouer grand chemin de fer et de vouloir enlever au grand réseau un trafic qui lui appartient ; tantôt, reproche assez contradictoire, de vouloir faire du tramway ! Mais je dois dire que, connaissant un peu cette Société de chemins de fer d'intérêt local, je puis répondre que le ciel, même le beau ciel d'Italie qui nous éclaire, n'est pas plus pur que le fond de son cœur. Je ferme cette parenthèse. (*Rires et applaudissements.*)

Je disais donc que M. Petit estime qu'au double point de vue des dépenses de premier établissement et des dépenses d'entretien, l'avantage est en faveur des freins électriques. Mais il importe d'ajouter qu'en matière de frein, la question de dépense ne constitue pas l'élément essentiel ; c'est la sécurité du bon fonctionnement de l'appareil au moment où l'on en a besoin, qu'il faut envisager avant tout et le rapporteur donne certains arguments qui, d'après lui, feraient à ce point de vue primordial, pencher la balance du côté du frein à air. D'abord, dit-il, le frein à air est indépendant du fil de trolley, c'est-à-dire qu'il peut fonctionner avec sûreté à tout moment, tandis qu'il peut arriver qu'au moment du danger, le frein électrique ne fonctionne pas, par suite du manque de courant. Il y aurait peut-être certaines observations à présenter sur cette appréciation, mais je ne discute pas pour le moment ; je résume simplement l'opinion du rapporteur.

Ce dernier dit ensuite que l'action du frein électrique peut ne pas être instantanée, ce qui donne au wattman moins de confiance dans l'instrument de sécurité qui est à sa disposition. Il est alors tenté de se servir aussi du frein à main ; de là, double manœuvre à effectuer. Avec le frein à air, le wattman est toujours assuré du bon fonctionnement du frein. Il a d'ailleurs toujours devant lui le manomètre qui lui

indique s'il peut compter sur son frein; tandis qu'avec le frein électrique, cette connaissance exacte de l'état du frein n'est pas aussi assurée.

Enfin, — et ceci a également son importance, — lorsqu'il y a des remorques, le frein à air fonctionne automatiquement en cas de rupture d'attelage, et les voitures sont bloquées.

Voilà donc au point de vue de la sécurité.

A un autre point de vue encore, M. Petit indique comme un avantage des freins à air, qu'ils fonctionnent avec moins d'à-coups et d'une façon plus agréable pour les voyageurs.

M. Petit incline donc à se rallier aux conclusions du second rapport présenté à la réunion de l'Association allemande des Tramways et Chemins de fer d'intérêt local à Francfort, rapport présenté par M. Bjorkegreen. Ce dernier était d'avis que le frein à air devait être préféré pour des lignes à profil accidenté avec voitures de remorque et sur des lignes à trains lourds, surtout si on veut faire de la vitesse.

Cependant, M. Petit estime qu'en présence des divergences existant encore, il serait opportun de ne pas clôturer cette question et de la laisser ouverte. Il a formulé les conclusions que vous savez et qui me paraissent sages et modérées, puisque dans la deuxième, il se borne à laisser le choix, suivant les circonstances, au frein électrique ou au frein à air.

Voilà, Messieurs, quelles sont, en quelques mots, les principales indications que j'avais la mission de vous donner au nom de M. Petit, empêché par un événement de famille d'assister au Congrès, ce que je regrette doublement; connaissant sa compétence, j'aurais attaché beaucoup d'importance et de prix aux renseignements techniques qu'il aurait pu vous donner.

**M. le Président.** — La parole est à M. Scholtes pour la présentation du second rapport sur la question des freins.

**M. Scholtes** (Nuremberg). — Je suppose que vous avez pris connaissance de mon rapport; aussi j'estime inutile de devoir le lire en entier; un court résumé suffira pour en rappeler les points principaux et servir d'introduction à la discussion. Je terminerai en refutant quelques points du rapport de M. Petit.

Le questionnaire qui a été envoyé aux membres de l'association, avait surtout pour but de réunir quelques données sur les dépenses d'exploitation des différents systèmes de freins; ce côté de la question n'avait pu, faute de données suffisantes, être étudié dans le rapport que j'eus l'honneur de présenter au Congrès de Vienne; cette lacune rendait dès lors difficile le vote d'une résolution quelconque. Grâce à la façon détaillée dont était cette fois posé le questionnaire, de nombreuses données nous sont aujourd'hui parvenues; elles présentent entre elles une grande concordance et éclaircissent considérablement la question. 142 exploitations comportant 14.563 voitures motrices ont répondu au questionnaire.

Parmi les différents freins aujourd'hui en usage, le frein à air est représenté par les types suivants : le Standard Air Brake C<sup>o</sup> devenu le frein Böker, le frein Christensen, le frein Carpenter Schulze, le frein Westinghouse, le frein Soulerin et le frein Lipkowski. De tous ces types de freins, le frein Böker est celui qui présente le plus d'applications.

Parmi les freins électriques, c'est le frein à solénoïde, système Siemens-Schukert ou système Guénée, qui de loin est le plus en usage. Ce frein a, dans de nombreux cas, remplacé le frein à disques.

Le frein Newel ne paraît être employé qu'à Glasgow seulement; quant au frein Planta et au frein Schiemann, il semblerait que ceux-ci n'ont pas dépassé la période des essais.

Les Tramways de Dresde, comme aussi les Tramways de Nuremberg, ont mis récemment à l'essai un nouveau frein électrique à ruban Thode-Mertens qui, à en juger par les résultats obtenus jusqu'ici, promet de donner de brillants résultats.

Parmi les freins mécaniques qui ont donné de bons résultats, il faut encore citer le frein à ruban en usage auprès de la Compagnie des Tramways électriques de Leipzig.

La réponse faite par les Tramways de Bordeaux ne montre pas clairement si le frein Lemoine y employé, doit être compris dans la catégorie des freins mécaniques.

Afin de permettre une étude critique des différents systèmes de freins, il nous paraît utile de les comparer entre eux au point de vue du nombre respectif de leurs applications.

	NOMBRE DE VOITURES		NOMBRE D'EXPLOITATIONS	
Frein à main . . . . .	5.012	34,4 %	71	50,0 %
Frein électrique. . . . .	7.266	50,0 %	60	42,2 %
Frein à air . . . . .	2.285	15,6 %	11	7,8 %
	14.563	100,0 %	142	100,0 %

Bien que ces chiffres ne donnent pas une preuve tout à fait concluante au point de vue de la supériorité de l'un ou l'autre système, il faut cependant reconnaître que le frein électrique a reçu de loin le plus grand nombre d'applications, malgré la réclame incessante faite en faveur du frein à air.

Tout le monde est aujourd'hui d'accord pour reconnaître que la question se limite aujourd'hui entre le frein à air et le frein électrique.

De nouveaux facteurs ne se sont pas fait jour depuis le Congrès de Vienne, si ce n'est en ce qui concerne les dépenses nécessitées par l'emploi des freins; de plus, la question de la dépense d'énergie nécessaire à la compression de l'air dans les freins à air, paraît être élucidée.

Or, c'est précisément la question des dépenses qui ne permettait pas jusqu'ici de se prononcer en faveur de l'un ou de l'autre système. Les communications qui, à ce point de vue, ont été reçues en réponse au questionnaire, paraissent aujourd'hui suffisantes pour conclure. Il résulte en effet de ces communications que, à côté des dépenses de premier établissement plus élevées des freins à air, ceux-ci comportent des dépenses d'exploitation quatre à cinq fois plus élevées que les freins électriques. Ce renseignement fixera probablement l'un ou l'autre des membres de l'association, dont l'opinion était jusqu'ici encore douteuse.

J'en arrive à la critique de quelques points du rapport de mon honorable collègue-rapporteur.

A l'encontre de l'avis de M. Petit, j'estime que depuis le Congrès de Vienne, la question des freins est aujourd'hui suffisamment élucidée pour que les conclusions présentées dans mon rapport puissent, sans crainte aucune, être acceptées par l'Assemblée. Jusqu'ici nous ne disposions d'aucun renseignement chiffré et, par suite de cette lacune, il était dès lors difficile d'accepter les conclusions que j'avais proposées au Congrès de Vienne. Aujourd'hui, au contraire, il existe une grande concordance entre tous les renseignements reçus et nous pouvons sans crainte prendre position dans la question. Au reste, la rédaction des conclusions que je propose est telle que l'exploitant conservera toujours sa liberté d'action.

M. Petit dans son rapport parle d'un frein à contre-courant. Ce frein est peu connu. Dans les réponses au questionnaire, je ne vois d'ailleurs pas trace que ce frein soit employé comme frein de service.

M. Petit dit ensuite qu'à Munich, les freins à air n'ont pas fait constater une plus haute consommation de courant. Les Tramways de Munich sont ici en contradiction avec les autres exploitations de tramways qui utilisent le frein à air. Si, en effet, il a été reconnu aux essais, que la consommation d'énergie n'était pas plus élevée, qu'elle était même moindre, cela tendrait à prouver que non seulement au point de vue de la sécurité, mais aussi au point de vue économique, il est tout à fait irrationnel pour des voitures aussi lourdes que celles de Munich, de n'employer que le frein à main au lieu d'un frein mécanique. Si, au lieu du frein à main, les Tramways de Munich utilisaient en service un frein électrique, il est probable qu'on constaterait dans cette exploitation, les mêmes résultats qu'ailleurs.

M. Petit fait ensuite remarquer que l'installation d'un frein électrique implique la présence d'un moteur plus puissant, d'où diminution du rendement. Je répondrai à cette critique en me référant au rapport que j'ai présenté au Congrès de Vienne et dans lequel j'ai répondu à ce côté de la question.

Mon honorable collègue rapporteur prétend qu'un des inconvénients du frein électrique — inconvénient dont les conséquences peuvent être des plus graves — serait le déraillement éventuel de la roulette de trolley ou le manque de courant dans le fil de travail. Cette critique a souvent été combattue : il a été répondu que le courant de freinage est produit par le moteur lui-même et que dès lors le fonctionnement du frein est indépendant de l'énergie fournie par l'usine génératrice.

Quant aux autres points soulevés par M. Petit, je me réfère à ce que j'ai dit dans mes rapports précédents.

Je termine en proposant à l'assemblée d'accepter les conclusions que j'ai indiquées à la fin de mon rapport. Ces conclusions peuvent être acceptées sans danger et elles concordent d'ailleurs en de nombreux points avec celles proposées par M. Petit.

Ces conclusions sont :

« 1° Dans le choix du système de frein, toutes les circonstances particulières au service doivent être prises en considération; l'application de chacun des trois systèmes : frein à main, frein électrique, frein à air, doit être minutieusement étudiée.

» Le freinage doit pouvoir s'opérer sans à-coups. L'équipement de la voiture doit comporter deux systèmes de freins complètement indépendants l'un de l'autre. Le frein employé en service doit exclure toute fatigue du mécanicien.

» 2° Lorsque, par suite du poids des voitures, de la remorque de voitures d'attelage ou aussi des difficultés du terrain, le frein à main ne peut plus être employé rationnellement comme frein de service, on emploiera comme tel un frein mécanique et de préférence un frein électrique.

» 3° Si l'emploi du frein électrique comme frein de service, présentait des inconvénients résultant par exemple du choix d'un type de moteur trop faible, d'une graduation trop large dans les résistances et les régulateurs de marche, dans ce cas, il pourra être avantageux d'employer un frein à air comprimé.

» L'emploi de ce dernier système de frein deviendra d'ailleurs indispensable, lorsque les voitures sont relativement lourdes, qu'elles roulent à une grande vitesse, ou encore lorsque les trains comportent plus de deux voitures d'attelage. »

**M. Grialou** (Lyon). — M. Petit, dans son rapport, arrive à cette conclusion, c'est que le frein électrique est plus économique que le frein à air, mais qu'au point de vue de la sécurité ce dernier présente de réels avantages.

Il me paraît que M. Petit désigne sous le nom de frein électrique, non celui qui est habituellement employé comme frein, mais celui tout à fait exceptionnel

obtenu en faisant marche arrière, c'est-à-dire en inversant le courant soit dans l'induit, soit dans l'inducteur des moteurs.

Or, ce n'est pas ce genre de frein tout à fait exceptionnel que M. Scholtes et nous tous, Messieurs, avons en vue, mais bien le frein électromagnétique, c'est-à-dire le frein actionné par le moteur fonctionnant comme générateur et envoyant le courant produit soit dans des plateaux électro-magnétiques dont l'armature est calée sur l'essieu, soit dans les solénoïdes agissant sur la timonerie ordinaire des freins, soit enfin en fermant les moteurs sur eux-mêmes et sur des résistances appropriées.

Si ce que je dis est exact, le frein électrique, ou pour mieux dire le frein électromagnétique, est complètement indépendant du courant produit par la station centrale. Contrairement à l'assertion du rapporteur, il présente donc précisément les avantages que M. Petit désirait qu'il eût.

Au point de vue du maniement, le frein électrique est, à mon avis, le système le plus simple; il est peut-être même trop simple. Il ne provoque en effet aucune fatigue au wattman, puisque le freinage électrique est obtenu en faisant manœuvrer la manivelle du controller lui-même; cette manivelle qui, en règle générale, tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, tourne au contraire dans le sens inverse lorsque les moteurs fonctionnent comme générateurs et sont fermés soit sur les résistances, soit sur les plateaux électromagnétiques, soit sur les solénoïdes. De la main gauche donc, le wattman n'a aucune fatigue à supporter, puisqu'il lui suffit de tourner la manivelle dans le sens contraire au mouvement avec lequel il introduit habituellement le courant dans la voiture. La main droite est réservée au frein à main et, contrairement à l'avis de M. Petit, l'action des deux freins peut parfaitement être concordante; je dirai même que dans la plupart des exploitations, les wattmen ont l'habitude de faire fonctionner simultanément les deux freins, et c'est peut-être là le meilleur moyen pour arriver à arrêter la voiture. J'estime donc dans ces conditions que si M. Petit parle du même système que nous, nous ne pouvons nous rallier à ses conclusions.

Mais peut-être M. Petit fait-il simplement allusion à un système de freinage électrique par contre-courant, système qui n'est pas ici en cause et qui n'est pas celui examiné par M. Scholtes. J'attire tout particulièrement l'attention de l'assemblée sur les inconvénients que pourrait présenter cette erreur d'interprétation.

Quoi qu'il en soit, j'estime que le frein électrique tel qu'on doit l'entendre, est au moins équivalent au frein à air au point de vue de la sécurité. D'autre part, il n'est pas indifférent pour les compagnies exploitantes que les dépenses de premier établissement et aussi les dépenses d'entretien soient plus faibles pour le frein électrique que pour le frein à air.

Il est équitable de constater que le frein électrique ne peut avoir d'action sur plus de deux voitures d'attelage, ce qui n'est le cas pour le frein à air. A ce point de vue tout spécial, le frein à air présente donc une supériorité sur le frein électrique. Il y a cependant lieu de faire remarquer que, dans la plupart des exploitations de tramways, ce cas spécial de deux voitures d'attelage ne se présente pas.

Dans les conditions ordinaires de la majorité des tramways, le frein électrique présente donc, selon nous, les avantages suivants : économie dans les dépenses de premier établissement et d'entretien, plus de rapidité et plus de sûreté.

On peut objecter au frein électrique qu'il est nécessaire de le compléter par le frein à main; mais au point de vue de la sécurité, le frein électrique présente ce grand avantage sur le frein à air, c'est que son action est plus instantanée et plus énergique, surtout dans la première période du freinage; or, l'amortissement rapide de la vitesse est évidemment un avantage inappréciable. Je crois, Messieurs, que la plupart d'entre vous sont convaincus de ce que j'avance.

J'attire donc l'attention de l'assemblée sur les conclusions de M. Petit qui, si elles étaient lues par les Autorités des divers pays, pourraient faire supposer que le frein électrique présente des inconvénients qu'il n'a certainement pas.



**M. Pedriali** (Bruxelles). — Nous nous trouvons, Messieurs, en présence de deux rapports, l'un de M. Scholtes, l'autre de M. Petit. Vous avez pu constater que le rapport de M. Scholtes est un peu trop « électrique » ; celui de M. Petit l'est moins : il est plus calme, plus modéré en ce qui concerne la critique des différents systèmes de freins.

Ce dernier rapport cependant, tombe dans quelques lapsus de rédaction qui ont provoqué des observations, mais qui néanmoins ne peuvent pas faire rejeter les conclusions proposées par M. Petit. C'est ainsi qu'il dit notamment : lorsqu'il n'y a pas de courant, il n'y a pas de frein électrique. Il a probablement voulu dire : lorsqu'il n'y a pas de courant, il y a bien encore un frein électrique, mais il n'y a pas d'arrêt si le profil de la ligne ne le permet pas. Si vous vous trouvez en effet sur une descente qui n'est trop forte, vous pourrez arrêter votre voiture par l'action du frein électrique ; mais quand la descente est assez forte, l'action du frein électrique seul est insuffisante.

Il est cependant un autre point au sujet duquel je ne partage pas la manière de voir de M. Petit. Celui-ci dit : le frein électrique est moins rapide que le frein à air. S'il est arrivé, dans le temps, que des voitures freinées électriquement aient encore pu effectuer quelques mètres avant qu'elles se mettent à l'arrêt, c'est-à-dire avant que l'action du frein se soit fait sentir, c'est que les compagnies employaient alors des moteurs dont les collecteurs s'encrassaient facilement ; dès lors, les moteurs ne s'amorçaient pas immédiatement pour fonctionner comme générateurs. Mais aujourd'hui les moteurs électriques que nous installons sur nos voitures, sont tellement perfectionnés que le freinage électrique peut être effectué avec une rapidité et une sécurité aussi grandes qu'à l'aide du frein à air.

Quoi qu'il en soit, j'estime que la vérité absolue n'est ni dans le rapport de M. Petit, ni dans celui de M. Scholtes ; j'incline à penser qu'elle est entre les deux, qu'elle est plutôt dans les conclusions proposées par M. Bjorkegreen à l'Assemblée de l'Association allemande de tramways, tenue l'an dernier à Francfort.

Le rapport de M. Scholtes, — je l'ai dit dans un langage quelque peu figuré, — est trop électrique ; j'ajouterai même qu'il est un peu trop absolu. Il dit, par exemple : l'équipement de la voiture doit comporter deux systèmes de freins absolument indépendants l'un de l'autre. N'est-ce pas là trop demander ? Il est en effet de petites exploitations ne comportant que des voitures très légères roulant en palier ; la présence de deux freins y constituerait un luxe tout à fait superflu et serait même de nature à rendre l'entreprise beaucoup plus onéreuse. La fatigue des wattmen pour le fonctionnement des freins à main est d'ailleurs insignifiante pour des voitures de 6 à 7 tonnes.

Plus loin, M. Scholtes ajoute : on emploiera comme tel un frein mécanique et de préférence un frein électrique. Je suis, jusqu'à un certain point, d'accord avec M. Scholtes : pour tous les réseaux urbains avec profil peu accidenté et d'exploitation facile, le frein électrique est à préférer au frein à air ; j'entends évidemment par frein électrique tout frein qui a pour cause l'électricité, que ce soit un frein sur résistances, par solénoïde ou par plateaux. Je ne parle pas du frein à contre-courant, comme dit M. Petit ; c'est là cependant aussi un moyen d'arrêt ; or, tout moyen d'arrêt constitue un frein ; je trouve donc inexacte l'appréciation de M. Scholtes quand il dit que le contre-courant n'est pas un frein.

J'estime que M. Scholtes a été un peu hardi en avançant d'une manière générale qu'il faut donner la préférence aux freins électriques ; il faudrait ajouter, à mon avis : si les conditions d'exploitation et autres le permettent.

Si vous avez une voie très accidentée, le frein électrique cesse d'être un frein de sécurité. Si vous descendez une rampe très longue où circulent beaucoup de voitures et si, ne disposant que du frein électrique, le courant vient à manquer, vous ne disposez plus d'un frein de sécurité.

Je crois donc devoir me rallier plutôt aux conclusions proposées par M. Bjorkegreen à l'assemblée tenue à Francfort par l'Association allemande de Tramways. M. Bjorkegreen a envisagé la question avec le calme et la compétence qui l'ont toujours distingué, et les conclusions qu'il a proposées à Francfort, me semblent satisfaisantes pour tout le monde, aussi bien pour les grandes que pour les petites exploitations. Je désirerais cependant voir compléter le dernier paragraphe du 1<sup>o</sup> des conclusions de M. Petit. Ce paragraphe dit : « l'équipement de la voiture comportera toujours, outre ce frein de service, un second frein auxiliaire. » Je voudrais ajouter que l'on peut comprendre dans ce frein auxiliaire, le frein à court-circuit, lorsqu'il s'agit d'une petite exploitation pouvant se contenter de ce frein.

**M. Wattmann** (Cologne). — Permettez-moi, Messieurs, en ma qualité de chef d'une exploitation qui, depuis plus de cinq années, emploie exclusivement des freins électriques, de m'élever contre l'opinion soulevée ici que le frein électrique n'offre pas toute la sécurité désirable. Evidemment tout frein, même le frein à air, peut ne pas fonctionner. Nous avons pu suffisamment constater la chose sur les lignes des chemins de fer. Nombreux sont déjà les accidents dus à un non-fonctionnement du frein à air ; je rappellerai ici l'accident survenu il y a quelques années à Francfort où, par suite du non-fonctionnement du frein à air, la locomotive d'un train est entrée dans la salle d'attente de la gare ! Ce n'est d'ailleurs pas sans motif que nous rencontrons aujourd'hui dans toutes les stations de tête des grands chemins de fer de puissants buttoirs hydrauliques. Le frein à air peut donc parfois ne pas fonctionner ; le frein électrique d'ailleurs aussi, je le reconnais volontiers. Mais je tiens à réfuter ici énergiquement l'opinion que le frein électrique offrirait moins de sécurité que le frein à air.

En ce qui concerne la douceur du freinage, je crois pouvoir dire que, d'après mon expérience, le frein électrique vaut le frein à air.

Relativement à l'emploi du frein à air ou du frein électrique suivant les différentes circonstances d'exploitation, je me rallie complètement à la manière de voir de M. Scholtes. Quant à dire qu'il faut, dans tous les cas, donner de suite la préférence au frein à air, c'est à mon avis aller trop loin : les circonstances locales seules doivent faire apprécier dans chaque cas particulier l'opportunité de l'un ou de l'autre système de freins.

**M. Dix** (Munich). — Afin d'abréger autant que possible la discussion, je ne veux pas ici étudier les avantages et les inconvénients respectifs du frein à air et du frein électrique ; cette question ne sera d'ailleurs pas résolue de sitôt. Je n'ai demandé la parole que pour répondre à une observation qui a été faite au sujet des voitures de Munich. Nous n'avons à Munich que des voitures à boggies ; ces voitures sont d'un type relativement léger. Je crois pouvoir dire que les renseignements que j'ai donnés en réponse au questionnaire, ne sont nullement en contradiction avec les opinions émises par les autres exploitations ; il est, à mon avis, irrationnel, — car la consommation de courant sera éventuellement plus grande, — de freiner des voitures aussi lourdes que les nôtres, seulement par le frein à main et non par un frein mécanique ; la sécurité du service exige en effet que pour de telles voitures, on mette continuellement les moteurs sous ou hors courant. C'était là le point de vue auquel je me suis placé quand j'ai répondu au questionnaire.

**M. Soberski** (Nuremberg). — Les deux honorables rapporteurs qui ont référé sur cette intéressante question des freins, sont tous deux d'accord pour reconnaître que le frein électrique l'emporte sur le frein à air au point de vue des dépenses de premier établissement et des dépenses d'entretien. Dans ces conditions, j'estime que la question est suffisamment élucidée pour que nous puissions aujourd'hui prendre des conclusions quelque peu positives. L'adoption de conclusions n'implique d'ailleurs pas que cette question ne puisse plus être reprise ; la question des freins

est précisément l'une de celles que nous suivrons d'ailleurs avec un intérêt continu, car nos opinions sur ce point seront toujours divergentes. Je désirerais cependant proposer à l'assemblée que, pour nos Congrès futurs, cette question revienne sous une autre forme, afin d'éviter les longues discussions que nous constatons jusqu'ici chaque fois que nous sommes venus à parler de freins. S'il nous convenait d'accepter les conclusions de M. Scholtes en y faisant les quelques modifications que j'aurai l'honneur de vous proposer, la question des freins pourrait, dans nos Congrès futurs, être reprise en posant le problème comme suit : s'est-il produit dans le domaine des freins des changements qui soient en opposition quelconque avec les résolutions prises aujourd'hui ?

En ce qui concerne les résolutions mêmes, je me rallie à celles proposées par M. Scholtes. Comme je l'ai déjà fait remarquer en commençant, les deux rapporteurs sont d'accord pour reconnaître que les dépenses de premier établissement et d'entretien sont moins élevées pour le frein électrique. Un seul point les divise encore, c'est celui de la sécurité offerte.

A ce point de vue je me rallie partiellement à la manière de voir de M. Pedriali, c'est-à-dire que sur les longues descentes, le frein à air doit être préféré, et ce simplement parce que la puissance en freinage électrique diminue en même temps que diminue la vitesse. C'est là un des inconvénients du frein électrique ; en effet, dès que sur une descente, j'aurai mis la voiture à peu près à l'arrêt, le frein n'agit plus et la voiture se met de nouveau à rouler. C'est d'ailleurs, à mon avis, le motif pour lequel la question des freins est si différemment appréciée ; les uns se placent au point de vue des tramways urbains dont les réseaux ne comportent généralement pas de descentes longues et fortes ; d'autres, au contraire, se placent au point de vue des lignes interurbaines où l'on rencontre plus souvent de telles inclinaisons.

Voici la modification que je voudrais voir apporter aux conclusions proposées par M. Scholtes ; celui-ci dit dans sa seconde conclusion : 2° « Lorsque, par suite du poids des voitures, de la remorque de voitures d'attelage ou aussi des difficultés du terrain, etc... » ; les mots « difficultés du terrain » devraient, à mon avis, être supprimés de cette conclusion pour être introduits dans la conclusion 3°, qui deviendrait alors : « Si l'emploi du frein électrique comme frein de service présentait des inconvénients résultant par exemple du choix d'un type de moteur trop faible, d'une graduation trop large dans les résistances et les régulateurs de marche, de la présence de longues et fortes descentes, dans ces cas, etc... » Je crois que cette rédaction répondrait à l'observation présentée par M. Pedriali.

Il est un point du rapport de M. Petit que je ne puis laisser passer sous silence. L'honorable rapporteur estime que le frein électrique réclame la présence de moteurs plus puissants, ce qui naturellement diminue le rendement et l'économie de l'équipement. C'est là une grosse erreur de la part de M. Petit, car la question du meilleur rendement des moteurs ne présente qu'une importance bien minime : l'éventualité d'un service de remorques, la présence de quelques rampes un peu prononcées, etc., sont autant de facteurs qui obligent l'exploitant à faire, pour le service normal, choix d'un moteur plus puissant que nécessaire ; le rendement des moteurs diminue donc pour ce service normal ; il varie d'ailleurs à chaque moment en même temps que l'effort demandé.

**M. Koehler** (Berlin). — Je ne puis me rallier à la proposition de M. Soberski. Bien que les conclusions de M. Petit et celles de M. Scholtes concordent sous certains cas particuliers, il n'en est pas moins vrai qu'elles présentent entre elles une différence capitale ; dans ses conclusions, en effet, M. Scholtes met le frein électrique au premier plan et ne recommande le frein à air que dans certains cas particuliers.

D'un autre côté, je ne constate, comme M. Wattmann l'a avancé, aucun passage des conclusions de M. Petit, prétendant que le frein électrique présente un degré de

sécurité moindre que le frein à air. Je ne trouve rien de semblable dans l'exemplaire que j'ai sous la main. Au contraire, M. Petit dans ses conclusions ne discute pas les qualités et inconvénients des deux systèmes de freins; il dit simplement : ils sont tous deux utilisables et répondent parfaitement aux conditions qu'on en exige.

Accepter les conclusions de M. Scholtes, ce serait mettre le frein électrique à l'avant-plan et le frein à air à l'arrière-plan. Ce serait là, à mon avis, une appréciation tout à fait fausse. S'il existe une compagnie qui connaisse d'une façon tout à fait pratique et le frein électrique et le frein à air, c'est bien, je crois, la Compagnie des Tramways de Berlin; nous avons en effet, environ 1.000 voitures équipées du frein électrique et 700 voitures équipées du frein à air; ces deux systèmes sont employés chez nous depuis de nombreuses années déjà. Eh bien, il résulte de notre expérience que le frein à air vaut au moins le frein électrique, tant comme frein de service que comme frein d'urgence.

Cela n'implique cependant pas que j'approuve complètement la manière de voir de M. Petit, notamment lorsque celui-ci prétend que quand le fil de travail ne donne pas de courant, le moteur ne peut pas travailler comme générateur; le frein électrique ne présente nullement cet inconvénient.

M. Scholtes, et aussi M. Soberski, prétendent que le frein à air est beaucoup plus coûteux que le frein électrique au point de vue des dépenses de premier établissement et des dépenses d'entretien. Cette opinion est vraie, mais il convient cependant d'y faire certaines réserves. Les dépenses d'entretien du frein à air sont en effet plus élevées, — pas énormément cependant, — lorsque ce frein est appliqué à des voitures motrices. Mais, lorsqu'il s'agit de trains composés de voitures motrices et de voitures d'attelage, — c'est aujourd'hui le cas de nombreuses exploitations, — les dépenses de premier établissement, tout comme les dépenses d'entretien du frein à air appliqué aux voitures de remorque, sont beaucoup inférieures à celles du frein électrique appliqué aux mêmes voitures.

S'il nous faut accepter des conclusions, je serais d'avis qu'on acceptât plutôt celles de M. Petit; elles sont sans orientation bien définie et ne contiennent, à mon avis, rien de bien dangereux; elles ne se prononcent en faveur d'aucun des deux systèmes, ce qui n'est pas précisément le cas pour les conclusions de M. Scholtes. Le mieux serait cependant de ne voter aucune résolution. Cette manière de faire nous donnerait le champ libre, c'est-à-dire que nous pourrions toujours ou supprimer la question des freins de l'ordre du jour de nos réunions futures, ou continuer à l'étudier.

**M. Scholtes** (Nuremberg). — Quelques mots encore pour répondre à différents points soulevés dans le cours de la discussion. Nous nous trouvons ici dans un cercle vicieux. Lors de nos précédents Congrès, l'on nous a fait remarquer : nous ne pouvons encore nous prononcer définitivement, car nous ne possédons aucune donnée concernant les dépenses. Aujourd'hui, — je suis heureux de le constater, — ce côté de la question est élucidé en ce sens que tout le monde est d'accord pour reconnaître que le frein à air est sous tous les rapports, plus onéreux que le frein électrique.

**M. Koehler** (Berlin). — Sous tous les rapports, cela n'est pas exact.

**M. Scholtes** (Nuremberg). — M. Koehler prétend que dans mes conclusions je mets le frein électrique à l'avant-plan, au grand détriment du frein à air. Loin de moi cette intention; bien au contraire, vous trouvez dans mes conclusions une certaine gradation. Je n'y fais qu'indiquer que les exploitations ne pouvant se payer le luxe d'un frein à air, peuvent fort bien se contenter du frein électrique; c'est là ma manière de voir.

Il a été dit dans le cours de la discussion, que dans de longues descentes ou dans un terrain difficile, le frein à air s'imposait; je ne suis pas de cet avis. Chose curieuse : il est à remarquer que le frein à air est précisément employé dans les réseaux qui, en général, ne présentent pas de difficultés de terrain, c'est-à-dire dans les exploitations des grandes villes pour lesquelles le facteur « dépenses » ne comporte pas une importance aussi grande que pour les petites exploitations. Nous savons tous en effet qu'à Berlin, à Munich, à Leipzig — pour ne citer que ces villes — les conditions d'exploitation sont beaucoup plus faciles que partout ailleurs. A mon avis, le frein électrique suffit également pour les réseaux présentant des difficultés de terrain.

Dans le but de voir cette question des freins élucidée, il serait désirable que l'Assemblée voulût bien accepter mes conclusions; celles-ci d'ailleurs n'engagent en rien les exploitations qui les voteront. Comme je l'ai déjà exprimé, j'ai mis dans mes conclusions une certaine gradation; j'y dis : lorsque le frein à main ne suffit plus, et qu'il faut avoir recours à un frein mécanique, il faut d'abord essayer le frein électrique. Mais, lorsqu'il se présente certaines circonstances particulières comme celles indiquées au 3<sup>e</sup>, telles que grandes vitesses ou lourdes voitures, alors le freinage électrique ne suffit plus et il faut passer au freinage à air.

Cette gradation élucide parfaitement la question.

**M. Koehler** (Berlin). — Je ferai remarquer à M. Scholtes que dans le 2<sup>e</sup> de ses conclusions, il dit textuellement ce qui suit : « Lorsque par suite du poids des voitures, de la remorque de voitures d'attelage ou aussi des difficultés du terrain, le frein à main ne peut plus être employé rationnellement comme frein de service, on emploiera comme tel un frein mécanique et de préférence un frein électrique. »

C'est surtout sur le passage relatif aux voitures de remorque que j'appelle votre attention. M. Scholtes recommande donc aux exploitations qui font usage de voitures d'attelage, le freinage électrique; en d'autres termes, le freinage électrique doit dans tous ces cas être préféré au frein à air. C'est cette opinion que je ne partage pas.

**M. Thelemann** (Düsseldorf). — Je ne puis pas laisser clore cette discussion sans répondre à M. Koehler. Celui-ci prétend que les conclusions proposées par M. Petit, sont sans orientation bien définie. Oui, il a raison, si on ne prend que les conclusions seules; mais l'opinion de M. Petit découle de son rapport même. Notre collègue de Lyon, M. Grialou, a déjà appelé notre attention sur une erreur commise par M. Petit quand il prétend qu'un des grands avantages du frein à air est son indépendance complète vis à vis du fil de trolley. M. Petit conclut ainsi à un moindre degré de sécurité du frein électrique par le fait, dit-il, que celui-ci reste tributaire du courant passant par le fil de trolley. Ces conclusions ont donc, contrairement à ce qu'avancait M. Koehler, une orientation bien définie.

**M. Koehler** (Berlin). — C'est pourquoi aussi j'ai proposé de ne voter aucune des conclusions présentées.

**M. le Président.** — J'estime, Messieurs, que dans l'état actuel de la question, tout ce qui pouvait être observé au sujet du frein électrique et du frein à air a été dit et que dès lors, la discussion de cette question peut être clôturée. Je suis d'avis que nous n'avons pas à prendre de conclusions et que cette intéressante question des freins doit rester ouverte pour être reprise utilement à l'un de nos prochains congrès. Plusieurs membres de l'Assemblée ayant cependant exprimé le désir que des conclusions soient prises, je crois bien faire en mettant ma proposition aux voix.

Que les personnes qui désirent que la question des freins reste ouverte, c'est-à-dire qu'il ne soit pas pris de résolution, lèvent la main.

Je constate que la totalité des membres moins quatre, sont partisans de ne pas voter de conclusions. La question des freins reste donc ouverte et sera portée à nouveau à l'ordre du jour d'un prochain congrès.

Avant de passer au point suivant de notre ordre du jour, je tiens à présenter au nom de l'Assemblée, à MM. Scholtes et Petit, et aussi à M. de Burlet qui a bien voulu remplacer ce dernier, l'expression de nos chaleureux remerciements. (*Applaudissements.*)

Nous passons au point suivant de notre ordre du jour : **De la vitesse maximum des trains pour lignes de chemin de fer d'intérêt local sur siège spécial et pour lignes sur route** (1).

La parole est au rapporteur de la question : M. l'Ingénieur Krasa, Inspecteur Général des Chemins de fer d'intérêt local de la Bukowine, à Czernowitz.

**M. Krasa** (Czernowitz). — Je me contenterai de vous présenter ici un court résumé du rapport que j'ai élaboré sur la question de vitesse maxima des trains pour lignes de chemins de fer d'intérêt local sur siège spécial et pour lignes sur route. Mon rapport se trouve d'ailleurs entre vos mains.

Le questionnaire envoyé aux membres de l'Association par les soins du Secrétariat Général, a été répondu par 120 compagnies représentant une longueur d'exploitation de 8690 kilomètres. Plusieurs des réponses sont très complètes et donnent des renseignements très précieux pour l'étude de la question.

De ces 120 exploitations, 61 d'une longueur totale de 6509 kilomètres, appartiennent à la catégorie des chemins de fer d'intérêt local; 37 de celles-ci sont à écartement normal et 24 à l'écartement réduit, généralement d'un mètre; 49 exploitations sont à traction à vapeur, 10 à traction électrique et 2 à traction mixte. La plupart d'entre elles ont un trafic voyageurs et un trafic marchandises.

La majorité de ces exploitations se contentent pour les lignes sur siège spécial, d'une vitesse maximum de 30 à 40 kilomètres à l'heure; quelques-unes cependant, principalement des lignes du Nord de l'Italie désireraient voir porter la vitesse maximum autorisée à 50 kilomètres et au delà; plusieurs d'entre elles possèdent déjà cette vitesse; il est à supposer que ces lignes, à côté de conditions favorables au point du profil des lignes, possèdent un trafic voyageurs important ou ont, tout au moins, à craindre la présence de lignes concurrentes.

Par contre un grand nombre d'exploitations, surtout des exploitations allemandes, qui utilisent une vitesse maxima autorisée de 30 km. à l'heure, expriment l'avis que le profil des lignes et aussi la sécurité du service n'empêcheraient pas une augmentation de vitesse; elles sont cependant la plupart d'accord pour faire remarquer que cette augmentation de vitesse ne pourrait être obtenue que moyennant de fortes dépenses pour la consolidation de la voie, l'amélioration des dispositifs de freinage et une augmentation du personnel (serre-freins), qu'il en résulterait une consommation sensiblement plus élevée de combustible et une diminution du poids des trains, que cependant cette augmentation de dépenses ne justifierait nullement les avantages économiques qui résulteraient de cette augmentation de vitesse.

Cette manière de voir est aussi celle des Chemins de fer d'intérêt local de la Bukowine, que j'ai l'honneur de représenter à ce Congrès. Cette compagnie a, cette année, à titre d'essais, porté la vitesse maxima d'un train de voyageurs de 30 à 40 km., à l'heure; cette augmentation de vitesse a nécessité un entretien plus coûteux de la voie et du matériel roulant, ainsi qu'une consommation plus élevée en combustible. Ces dépenses ne furent nullement en rapport avec l'augmentation du trafic voyageurs qui devait résulter de l'augmentation de vitesse. Les mêmes constatations s'obser-

---

(1) Voir rapport : Annexe XII.

veront probablement dans les exploitations dont le principal trafic est le trafic marchandises.

Passant aux lignes sur route en pleine campagne, nous ferons remarquer que la plupart des exploitations sont partisans d'une vitesse maxima comprise entre 30 et 35 km.; pour les lignes sur route dans les parties peu bâties des agglomérations, d'une vitesse maxima comprise entre 15 et 20 km., et pour les lignes situées dans les artères complètement bâties des agglomérations, d'une vitesse maxima comprise entre 10 et 15 km.

Bien que le questionnaire s'adressât surtout aux lignes de chemins de fer d'intérêt local, 59 exploitations de tramways d'une longueur totale d'exploitation de 2 181 km. ont également répondu au questionnaire; de ces 59 exploitations, 27 sont à écartement normal et 32 à écartement réduit, généralement à l'écartement de 1 mètre. La plupart de ces exploitations servent au trafic voyageurs et sont à traction électrique.

La majorité des exploitations sont partisans, pour les lignes sur siège spécial, d'une vitesse maxima comprise entre 30 et 40 km.; pour les lignes sur route en pleine campagne, d'une vitesse maxima de 25 à 30 km.; pour les lignes situées dans les artères peu bâties des agglomérations, d'une vitesse maxima comprise entre 15 et 20 km., et pour les lignes situées dans les artères complètement bâties des agglomérations, d'une vitesse maxima de 10 à 20 km.; pour ces dernières lignes, près de la moitié des exploitations considèrent la vitesse de 15 km. comme étant la plus favorable.

Plusieurs exploitations se prononcent, en motivant leur avis, contre les vitesses trop réduites, même dans les artères complètement bâties des agglomérations; elles font remarquer que pour une vitesse moyenne de 11 à 12 km., les voitures du tramway sont souvent dépassées à cette vitesse par les véhicules ordinaires marchant au petit trot et encombrant ainsi inutilement la chaussée; d'autres prétendent qu'une vitesse trop modérée favorise l'inattention du public; qu'au contraire, dès que celui-ci verra la vitesse augmentée, il aura l'impression du danger et se garera plus rapidement.

Un grand nombre d'exploitations estiment enfin qu'une augmentation de la vitesse dans les exploitations de tramways serait très possible, si l'on avait soin de réglementer la circulation charretière des rues et surtout si l'on faisait en sorte que cette réglementation fut convenablement observée.

Nous tenons à faire remarquer qu'au point de vue des vitesses maxima autorisées, il n'est pas constaté de grandes divergences d'opinion entre les exploitations à traction à vapeur et celles à traction électrique, de même entre les réseaux à écartement normal ou à écartement réduit.

Pour les lignes sur siège spécial, les vitesses maxima indiquées sont généralement motivées par des considérations économiques qui, dans de nombreux cas, donnent à cette vitesse maxima une limite inférieure à celle imposée par la sécurité du service. En ce qui concerne les vitesses maxima pour les lignes sur route, celles-ci se motivent surtout par la sécurité à accorder à la circulation générale des rues.

En résumé, les renseignements qui nous ont été fournis par les différentes compagnies de chemins de fer d'intérêt local et de tramways, nous amènent à conclure comme suit :

Les considérations économiques du problème semblent actuellement autoriser en général comme vitesses maxima permises pour lignes de chemins de fer d'intérêt local et de tramways, les vitesses suivantes :

a) sur siège spécial : 30 à 40 km.; lorsque ces lignes ont un trafic voyageurs intense et que les conditions de profil sont favorables, cette vitesse maxima pourrait être portée à 50 km.

b) sur route en pleine campagne : 25 à 35 km.

c) sur route dans les artères peu bâties des agglomérations : 15 à 20 km.

d) sur route dans les artères complètement bâties des agglomérations : 10 à 20 km.

Une élévation des vitesses maxima actuellement en usage pour les lignes sur route semble dans de nombreux cas désirable; elle devrait être permise sous la condition d'une réglementation convenable de la circulation générale des rues.

Je terminerai en rappelant ici l'attention de l'Assemblée sur les vitesses employées sur les lignes des Tramways municipaux de Vienne; ce renseignement ne m'était pas parvenu lors de l'élaboration de mon rapport; il vient de m'être donné par le directeur de cette exploitation. Les Tramways de Vienne utilisent sur leurs lignes, sans inconvénient aucun, des vitesses maxima allant jusque 26 km. Cette donnée concorde donc avec le renseignement donné à la fin de mon rapport concernant l'opportunité et la possibilité de permettre de plus grandes vitesses dans les artères bâties des agglomérations.

**M. Sapin** (Bruxelles). — Une simple observation sur le rapport de M. Krasa. Celui-ci, parlant des lignes d'intérêt local, dit à la fin de son rapport que des renseignements à lui fournis, il résulte qu'en général la vitesse maxima permise pourrait être..., etc.

C'est probablement là une erreur de rédaction de M. Krasa. Il ne faudrait pas dire, en effet, « la vitesse maxima permise pourrait être... », mais bien « la vitesse minima admise devrait être.... »

Il est en effet peu logique que nous demandions nous-mêmes aux Pouvoirs publics de limiter notre vitesse. Les chemins de fer d'intérêt local appartiennent à la fois aux grands chemins de fer et aux tramways. Or, lorsque nous nous trouvons dans l'atmosphère d'un congrès de grands chemins de fer, lesquels roulent à la vitesse de 120 kilomètres à l'heure, et que nous demandons à rouler à 60 kilomètres, c'est-à-dire 50 p. c. moins vite que ceux-là, on ne trouve pas cette vitesse exagérée. Quand, au contraire, on se trouve dans l'atmosphère d'un congrès de tramways urbains, on trouve que nous roulons trop vite, parce que nous avons une vitesse de 100 p. c. plus élevée que ceux-ci.

Ma proposition consiste donc à demander qu'on ne fixe pas un maximum, mais bien un minimum admissible.

**M. le Président.** — La pensée de M. Krasa était bien, je pense, de parler de la vitesse minimum admissible. Au reste, le rapport de M. Krasa présente plutôt le caractère d'une simple communication, dont le but était simplement d'enregistrer, en les coordonnant, les renseignements reçus en réponse au questionnaire; ce rapport ne doit donc pas donner lieu à discussion ou à conclusions.

Je présente à M. Krasa, au nom de l'assemblée, nos vives félicitations sur l'intéressant rapport qu'il nous a fourni.

Je donne la parole à M. Géron pour une communication sur le **Schéma de comptabilité** adoptée par l'Union internationale.

**G. Géron** (Bruxelles). — Nous croyons devoir profiter de l'occasion qui nous est offerte par le Congrès de Milan, pour vous faire connaître les réels progrès réalisés par l'adoption parmi les membres de l'Union internationale, du schéma de comptabilité uniforme qui, comme vous le savez, fut présenté et admis une première fois à Londres en 1902, puis ratifié à Vienne en 1904.

Le schéma de comptabilité que nous avons eu l'honneur de vous soumettre est, à notre connaissance, aujourd'hui adopté par 54 exploitations; 13 autres exploitations l'ont adopté dans ses grandes lignes et 6 autres enfin, ont l'intention de l'adopter prochainement. Ces différentes exploitations se répartissent dans les divers pays d'Europe comme suit : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, France,



Hollande, Italie, Russie et Suisse. Vous trouverez leur nomenclature dans le numéro de juin 1906 de la revue allemande : *Zeitschrift für Kleinbahnen*.

Dans le courant de la présente année, nous avons eu l'occasion de faire parvenir aux membres de l'association une note de M. Berthold de Nuremberg, sur l'application pratique du schéma de comptabilité et du rapport mensuel des résultats d'exploitation. Cette étude fait ressortir les avantages que présente le schéma de comptabilité ainsi que le rapport mensuel des résultats d'exploitation qui en découle, et montre la mise en pratique de ces deux schémas, tant pour les petits réseaux que pour les réseaux de grande importance.

Aussi, sommes nous persuadés que notre Schéma de comptabilité et notre Rapport mensuel des résultats d'exploitation deviendront bientôt d'une application plus générale encore. (*Applaudissements.*)

**M. le Président.** — Notre Secrétaire Général a la parole pour une communication concernant le **fonds de renouvellement**.

**M. t'Serstevens**, Secrétaire Général de l'Union internationale. — Lors du Congrès de Vienne en 1904, M. Haselmann, Directeur des Tramways d'Aix-la-Chapelle, avait présenté une étude sur la question suivante : « Principes d'après lesquels doivent être établis les fonds de renouvellement dans les exploitations électriques de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local. »

Sur la proposition de M. Micke, Directeur de la Compagnie des Tramways de Berlin (*Grosse Berliner Strassenbahn*), l'Assemblée décida de reporter cette question à l'ordre du jour du prochain congrès, et ce afin d'attendre les résultats de l'étude qui devait en être faite dans le sein de l'Association allemande de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local.

La commission allemande qui fut chargée de l'étude de cette question, a remis son rapport à l'occasion de la X<sup>me</sup> Assemblée de l'Association allemande, tenue à Francfort en septembre 1905. Elle conclut comme suit :

« La commission reconnaît l'absolue nécessité pour les exploitations de tramways et de chemins de fer d'intérêt local de réserver chaque année, sur les bénéfices réalisés, en faveur du fonds de renouvellement, une somme suffisante pour compenser la dépréciation du matériel.

» Par suite des différences très importantes dans les conditions locales d'exploitation et par suite aussi d'une expérience insuffisante, la commission est cependant d'avis qu'il n'y a pas lieu de proposer de bases fixes pour les allocations du fonds de renouvellement.

» La commission demande en conséquence d'abandonner momentanément l'étude de la question dans le sein de l'Association allemande ».

L'assemblée de Francfort, à l'unanimité, se rallia aux conclusions déposées par la dite commission.

Le Comité de direction de l'Union internationale reconnaissant le bien fondé des opinions émises dans le sein de l'Association allemande, décida d'attendre pour reporter la question du fonds de renouvellement à l'ordre du jour de ses congrès.

Le Secrétariat Général de l'Union internationale se tiendra néanmoins à la disposition des membres pour les enquêtes qui seraient désirées sur cette question.

**M. L. Janssen**, Président de l'Union internationale. — Messieurs. Nous sommes arrivés au terme de nos travaux.

Comme vous avez pu le constater, nos réunions périodiques prennent d'année en année plus d'importance; grâce surtout à l'assiduité des membres de l'Union internationale, auxquels nous sommes heureux de rendre ici cet hommage. L'empressement qu'ils mettent à répondre aux questionnaires, facilite beaucoup la tâche des

rapporteurs et les met à même d'élaborer, avec les développements voulus, les très intéressants rapports que vous avez reçus et discutés.

Nos rapporteurs qui ont préparé d'une façon si complète et si intelligente nos débats, ont droit à notre confraternelle reconnaissance et je saisis avec empressement cette occasion de leur exprimer toute notre gratitude.

Nos remerciements s'adressent également aux membres de l'assemblée pour l'attention qu'ils ont prêtée aux débats et les communications intéressantes autant qu'instructives que nombre d'entre eux ont faites au cours de nos assises.

On ne dira pas — nos séances l'ont péremptoirement démontré — que nos Congrès constituent de simples parties de plaisir, comme on se plaît parfois à le prétendre au sujet des congrès. Certes, Milan nous a fait une superbe réception et a voulu ajouter l'agréable à l'utile; mais nos débats, nos études en commun ont une grande et réelle portée pratique : j'ai l'espoir et la conviction que nos prochains congrès persévéreront dans cette voie.

Le Comité local qui s'est occupé de régler les détails de notre réception à Milan, a eu pour les congressistes toute une série d'attentions charmantes; nous lui en sommes profondément reconnaissants. Aux autorités gouvernementales, provinciales et municipales qui ont droit à une si large part de notre reconnaissance, je veux exprimer nos remerciements les plus sincères, les plus profonds.

Un accident, heureusement sans gravité, a retenu loin de nous pendant ces journées, à notre grand regret, l'honorable M. Ponzio, Président du Comité local. Aidé de M. Giovanola, le dévoué et distingué Secrétaire de ce comité, il a mis dans l'organisation du Congrès de Milan, un zèle et une cordialité, une bienveillance et un soin qui appellent toute notre gratitude. Organiser à Milan, spécialement à une époque où les congrès se multipliaient, où les étrangers y venaient en foule, une réunion de cette nature, régler les diverses excursions qui l'ont accompagnée, veiller à tous les détails pour que rien, comme vous l'avez constaté, n'y manque, était une très réelle et grosse difficulté; elle ne pouvait être vaincue qu'en déployant l'incessante activité que ces messieurs y ont mise et en prenant toutes les peines qu'ils ont su prendre. L'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, dont je me fais l'interprète, les en remercie cordialement et vivement, comme elle garde le souvenir reconnaissant et charmant de la générosité et de la somptuosité des réceptions que les autorités ont faites si libéralement à notre association.

J'ai à dire encore notre gratitude à messieurs les représentants des Gouvernements étrangers, qui ont suivi nos débats avec une attention et une assiduité dont nous leur sommes extrêmement reconnaissants. Nous sommes très flattés de la haute marque de bienveillance que les autorités gouvernementales de toutes les nations veulent bien témoigner à nos travaux. Au nom de notre Association internationale et en votre nom à tous, messieurs, je tiens à présenter aux éminentes personnalités déléguées auprès de notre congrès, l'expression de nos sentiments de vive et de profonde reconnaissance. (*Applaudissements prolongés.*)

**M. Kabierske**, Délégué du Gouvernement allemand. — Je suis heureux de pouvoir ici, au nom des Représentants des Gouvernements étrangers qui ont été délégués au présent Congrès pour y suivre vos travaux, présenter à votre honorable Président et à votre Comité de direction tout entier, nos bien sincères remerciements pour l'accueil si cordial dont nous avons été l'objet. Les discussions auxquelles il nous a été permis d'assister ont été pour nous, tout comme dans les Congrès précédents, du plus haut intérêt.

Je suis intimement persuadé que les Gouvernements ne parviendront à résoudre les problèmes si difficiles qui leur incombent dans le domaine des tramways et des chemins de fer d'intérêt local qu'en se créant des relations étroites avec les hommes de la pratique et vous êtes, — je suis heureux de pouvoir le dire, — les représentants

les plus autorisés de la pratique; je n'en veux comme preuve que l'autorité universelle que s'est acquise aujourd'hui l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local.

Je fais, Messieurs, les vœux les plus sincères pour que l'Union Internationale continue à prospérer comme par le passé et que votre Congrès de cette année porte ses fruits. (*Applaudissements prolongés.*)

**M. Paulus** (Nuremberg). — Les paroles très flatteuses que vient de prononcer l'honorable délégué du Gouvernement allemand à l'adresse de notre Association devraient plutôt s'adresser à notre Comité de direction et surtout à notre sympathique Président, M. Janssen, qui préside aux destinées de l'Union internationale avec une rare et éminente compétence.

Notre Comité a mis à l'ordre du jour de ce Congrès des questions du plus haut intérêt; les nombreux renseignements qui nous ont été données par les réponses aux questionnaires et les points qui se sont fait jour dans nos discussions, sont pour nous des plus précieux. Nous n'avons qu'à y puiser et, si nous n'en obtenons aucun résultat, la faute n'en sera certes pas à notre Comité de direction.

La conduite de nos intérêts ne peut se trouver en de meilleures mains; aussi suis-je certain qu'avant de nous quitter, vous acclamerez avec moi notre Comité de direction et notre éminent président, le sympathique M. Léon Janssen. (*Acclamations et applaudissements prolongés.*)

**M. de Burlet** (Bruxelles). — Messieurs, nous avons encore un devoir à remplir. Vous aurez remarqué que cette année encore notre honorable collègue, M. Géron, aidé de notre Secrétaire général, M. t' Serstevens et, à l'occasion, de M. von Pirch qui se dissimule modestement, a rempli la mission de traducteur avec un talent et un zèle infatigable, mission si difficile, si délicate et si absorbante qui doit entraîner un véritable surcroît de fatigue, mission qui exige chez ces messieurs, non pas seulement la connaissance parfaite des deux langues et une étude approfondie des questions débattues, mais encore une attention soutenue et toujours en éveil, une promptitude d'intelligence et d'assimilation presque instantanée, aussi instantanée que doit l'être l'action d'un bon frein, que nous discutons tout à l'heure. (*Rires et applaudissements.*)

Eh bien! ces qualités précieuses, ces messieurs les ont mises à notre service sans compter.

Nous devons leur être très reconnaissants et je suis certain, Messieurs, de trouver chez vous un accueil unanime dans la motion de remerciements chaleureux que j'adresse à ces Messieurs et tout spécialement à notre excellent collègue, M. Géron, ce volontaire de dévouement qui, depuis de nombreuses années, assume cette lourde tâche et en remplit les obligations toujours avec le même zèle infatigable et le même succès, toujours avec le même talent. (*Applaudissements.*)

Nous pourrions bientôt célébrer le jubilé de traducteur de M. Géron.

J'adresse également mes remerciements à M. t' Serstevens et à M. von Pirch, qui ont, eux aussi, bien mérité de notre association. (*Applaudissements prolongés.*)

**M. Géron** (Bruxelles). — Je suis très ému des paroles beaucoup trop aimables que M. de Burlet a cru devoir adresser à mon égard et je suis également fort sensible, Messieurs, à vos marques d'approbation; cependant, permettez-moi de dire qu'il me semble que M. de Burlet va beaucoup trop loin et que je ne mérite pas cet excès d'éloges; c'est avec ces réserves seulement qu'en mon nom et au nom de MM. t'Serstevens et von Pirch, nous acceptons vos marques de sympathie et de bienveillance et que nous tenons à vous en exprimer toute notre reconnaissance.

*Fin de la quatrième séance à 12 h. 15.*

**ASSEMBLÉE STATUTAIRE**  
DE  
**l'Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local**

---

**Présidence de M. L. JANSSEN,**  
**Président de l'Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local.**

---

**ORDRE DU JOUR :**

1. *Rapport sur la situation de l'Union internationale;*
2. *Approbation des comptes des exercices 1904 et 1905;*
3. *Etablissement du budget pour les exercices 1906 et 1907;*
4. *Nomination de membres du Comité de direction en remplacement de :*  
*MM. L. Janssen, H. Géron et E. Lavalard, membres sortants et rééligibles,*  
*et de M. F. Nonnenberg, démissionnaire;*
5. *Nomination de M. Nonnenberg comme membre d'honneur;*
6. *Modifications aux statuts;*
7. *Election de membres du Comité de direction supplémentaires;*
8. *Désignation du lieu et de la date du prochain Congrès;*
9. *Communications diverses.*

**M. le Président.** — Le premier objet à l'ordre du jour de notre assemblée statutaire est le rapport sur la situation de l'Union internationale, rapport dont notre Secrétaire général va vous donner lecture.

**M. t'Serstevens,** Secrétaire-général. — Messieurs, l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local entre aujourd'hui dans sa vingt et unième année.

Fondée à Bruxelles, le 17 août 1885, dans des conditions modestes, sous le nom de Union internationale permanente de Tramways, par un groupe de 55 exploitations

de tramways, appartenant à 8 Etats du Continent, notre association a vu, d'année en année, croître son importance et son autorité; elle voit aujourd'hui presque tous les grands Etats européens se faire représenter à ses Congrès biennaux pour suivre ses travaux. Le Congrès de Milan compte en effet 13 Gouvernements d'Europe représentés officiellement par 36 délégués.

Malgré la majoration du taux de la cotisation votée à l'Assemblée de Vienne, nous sommes heureux de constater que le nombre de nos membres est en augmentation constante. L'Union internationale compte en effet, à l'heure actuelle, 556 membres, soit une augmentation de 36 membres depuis le Congrès international de Vienne en 1904, et de 101 membres depuis le Congrès international de Londres en 1902. Ces 556 membres appartiennent à 24 Etats se répartissant dans les cinq parties du monde.

L'Union internationale a suivi dans ses travaux, l'évolution qui s'est produite depuis la fin du siècle dernier dans l'industrie des tramways; elle s'adonne de plus en plus aux études relatives à la traction mécanique sous toutes ses formes, et notamment à la traction électrique. Elle n'a pas manqué non plus d'étendre le domaine de ses investigations à l'étude des questions ayant trait aux chemins de fer d'intérêt local.

Depuis notre réunion de Vienne, le Secrétariat Général de l'association a pu, soit par des recherches qu'il a poursuivies, soit par des enquêtes qu'il a provoquées, répondre à plus de 100 demandes de renseignements — exactement 103, — ayant trait soit à la partie exploitation, soit à la partie technique de l'industrie des tramways ou de chemins de fer d'intérêt local; dans ce chiffre ne sont pas comprises les enquêtes relatives aux questions qui ont fait l'objet de l'ordre du jour du présent Congrès.

Nous avons également grand plaisir à constater que la collaboration des membres de l'association est devenue beaucoup plus active et nous sommes heureux d'avoir l'occasion de les en remercier. Alors que naguère il n'était répondu aux questions portées à l'ordre du jour que par un nombre plutôt restreint d'exploitations, 103 exploitations avaient déjà collaboré aux « Réponses aux Questionnaires » publiées à l'occasion du Congrès de Vienne en 1904. Pour le Congrès de Milan, nous avons vu ce nombre s'accroître à 191. Ces réponses ont été traitées avec grand soin; maintes d'entre elles constituent des études très détaillées et relatent des résultats d'expériences qui prouvent combien plusieurs des questions portées à l'ordre du jour du Congrès de Milan, font l'objet des préoccupations et des recherches des exploitants.

Cette collaboration si active de nos membres a naturellement augmenté dans une large mesure l'importance de nos publications : alors que pour les années précédentes, les « Réponses aux Questionnaires », ne nécessitaient qu'une centaine de pages d'impression, celles publiées à l'occasion du Congrès de Milan, forment un volume de 650 pages. En ajoutant à ce chiffre le nombre de pages d'impression que réclameront le Compte rendu détaillé du Congrès et les Rapports y annexés, les deux volumes, publiés à l'occasion du Congrès de Milan, atteindront le chiffre respectable de 1000 pages d'impression.

Grâce à l'augmentation des cotisations, votée à Vienne en 1904, la situation matérielle de l'Union est également des plus satisfaisante.

**M. le Président.** — Je tiens à faire remarquer à l'Assemblée le nombre relativement considérable de demandes de renseignements qui ont été adressées à notre Secrétariat Général. J'appelle votre attention sur la grande utilité que présente pour nos membres, la nouvelle organisation que nous avons apportée à notre Secrétariat Général et j'aime à croire que les demandes de renseignements seront à l'avenir plus nombreuses encore.

Quelqu'un désire-t-il présenter des observations au sujet du rapport de notre Secrétaire Général ?

Personne ne demandant la parole, je déclare le rapport adopté.

Nous passons au deuxième point de l'ordre du jour : « Approbation des comptes des exercices 1904 et 1905 ».

Notre trésorier, M. Nonnenberg, est, par suite de ses nombreuses occupations, empêché depuis longtemps déjà de s'occuper d'une manière active des travaux de l'association et en particulier des affaires de la trésorerie.

M. Géron, malgré les éminents et nombreux services que, depuis de très nombreuses années déjà, il ne cesse de rendre à l'Union internationale, a bien voulu donner une nouvelle preuve de son attachement à l'association, en remplaçant M. Nonnenberg dans ses fonctions de trésorier. Je saisis avec empressement l'occasion qui m'est offerte, pour présenter à M. Géron l'expression de notre vive gratitude. (*Applaudissements.*)

Je lui donne la parole pour la présentation des comptes pour les exercices 1904 et 1905.

**M. Géron** (Bruxelles). — Avant de vous donner lecture des comptes pour les exercices 1904 et 1905, je tiens à remercier M. le Président pour les trop aimables paroles qu'il vient de m'adresser et que vous avez bien voulu souligner de vos applaudissements. Je vous suis, à tous, très reconnaissant de cette marque de sympathie.

Voici maintenant le relevé des recettes et dépenses pour les exercices 1904 et 1905 :

#### Décompte de l'exercice 1904.

Solde en caisse au 1<sup>er</sup> janvier 1904 . . . . . fr. 16.470,73

#### RECETTES

Cotisations en 1904 . . . . .	fr. 15.758,20	
Intérêts en banque . . . . .	759,59	
Vente de brochures . . . . .	101,25	
Publicité . . . . .	740,00	
	<hr/>	17.359,04
		<hr/> 33.829,77

#### DÉPENSES

Appointments et salaires . . . . .	fr. 7.899,96	
Frais de bureau et divers . . . . .	1.022,68	
Frais de traduction . . . . .	160,00	
Frais de correspondance . . . . .	1.806,11	
Frais d'encaissement et pertes de change . . . . .	276,14	
Frais de voyage du Comité de direction . . . . .	538,90	
Frais du Congrès de Vienne . . . . .	2.610,72	
Frais d'impression . . . . .	11.926,00	
	<hr/>	26.240,51
A reporter à l'exercice 1905 . . . . .	fr. 7.589,26	

**Décompte de l'exercice 1905.**

Solde en caisse au 1<sup>er</sup> janvier 1905 . . . . . fr. 7.589,26

**RECETTES**

Cotisations en 1905 . . . . .	fr. 32.370,20	
Intérêts en banque . . . . .	826,91	
Vente de brochures . . . . .	30,00	
Publicité . . . . .	642,50	
	<hr/>	34.769,41
		<hr/> 41.358,87

**DÉPENSES**

Appointements et salaires . . . . .	fr. 8.816,65	
Frais de bureau et divers . . . . .	1.637,37	
Frais de correspondance . . . . .	1.580,08	
Frais d'encaissement et perte de change. . . . .	381,21	
Frais de voyage du Comité de direction . . . . .	1.352,10	
Frais d'impression . . . . .	3.186,18	
	<hr/>	17.003,59
A reporter à l'exercice 1906. . . . .	fr. 24.355,26	

**M. le Président.** — Si l'un de vous désirait prendre connaissance des comptes détaillés, ces documents sont à la disposition avec les pièces à l'appui, après la séance.

Je propose à l'assemblée de nommer notre collègue M. von Pirch pour vérifier les comptes de la trésorerie. Après vérification, M. von Pirch donnera décharge à notre trésorier. (*Approbation générale.*)

Je prie M. Géron de déposer le budget pour les exercices 1906 et 1907-1908.

**M. Géron** (Bruxelles).

**Budget pour l'exercice 1906.**

En caisse au 1<sup>er</sup> janvier 1906 . . . . . fr. 24.355,28

**RECETTES**

Cotisations . . . . .	fr. 32.000,00	
Intérêts et divers . . . . .	1.644,72	
	<hr/>	33.644,72
		<hr/> 58.000,00

**DÉPENSES**

Frais d'impression . . . . .	fr. 16.000,00	
Appointements et salaires. . . . .	10.000,00	
Frais du Congrès de Milan . . . . .	3.000,00	
Frais de correspondance et de recouvrement . . . . .	3.000,00	
Frais de bureau et divers . . . . .	2.000,00	
	<hr/>	34.000,00
Le solde à reporter à l'exercice 1907 serait donc . . . . .	fr. 24.000,00	

**Budget pour les exercices 1907-1908.**

Solde probable de l'exercice 1906 . . . . . fr. 24.000,00

**RECETTES**

Cotisations . . . . .	fr. 64.000,00	
Intérêts en banque . . . . .	2.000,00	
Publicité et divers . . . . .	2.000,00	
	<hr/>	68.000,00
		<hr/> 92.000,00

**DÉPENSES**

Appointements et salaires . . . . .	fr. 22.000,00	
Frais de correspondance . . . . .	4.000,00	
Frais d'impression . . . . .	20.000,00	
Frais du Congrès 1908 . . . . .	5.000,00	
Frais d'encaissement et perte de change. . . . .	500,00	
Frais de bureau et divers. . . . .	3.500,00	
Frais de voyage du Comité de Direction . . . . .	4.000,00	
	<hr/>	59.000,00

Solde probable à la fin de l'exercice 1908 . . . . . fr. 33.000,00

**M. le Président.** — Personne ne désirant prendre la parole au sujet de ce budget, celui-ci est approuvé.

Nous passons au quatrième objet de notre ordre du jour : Nomination de trois membres du Comité de Direction en remplacement de MM. L. Janssen, H. Géron et E. Lavalard, membres sortants et rééligibles et de M. F. Nonnenberg, démissionnaire.

Les mandats de MM. Géron et Lavalard et celui de votre serviteur ont pris fin : je vous prie de désigner les titulaires aux fonctions vacantes par suite des dispositions statutaires.

*(L'Assemblée maintient par acclamation MM. Janssen, Géron et Lavalard, comme membres du Comité de Direction.)*

**M. le Président.** — Je vous remercie bien vivement, Messieurs, tant au nom de mes collègues, MM. Géron et Lavalard, qu'en mon nom, de la confiance que vous avez bien voulu nous témoigner à nouveau.

Nous avons le grand regret de devoir enregistrer la démission de notre collègue et ami, M. Nonnenberg. Déjà, lors de nos deux derniers Congrès, M. Nonnenberg n'a pu assister à nos réunions. De par la nature de ses occupations, M. Nonnenberg ne peut plus nous apporter son concours si dévoué et, dans l'intérêt de notre association, il nous a priés d'accepter sa démission. Sa décision est malheureusement irrévocable.

Le Comité de Direction s'est occupé de pourvoir à son remplacement, et comme le lui permettent nos statuts, il s'est, à titre provisoire, assuré la collaboration d'un homme sympathique à tous et qui, depuis longtemps déjà, prend une part active à nos travaux. Plusieurs fois à ce Congrès, vous avez eu l'occasion de l'entendre ; j'ai nommé M. C. de Burlet, l'éminent Directeur Général de la Société nationale des Chemins de fer vicinaux de Belgique qui, comme vous le savez, se trouve à la tête d'un réseau de plus de 2.000 km. (*Applaudissements prolongés.*)



C'est pour nous une bonne fortune que de voir M. de Burlet nous assurer sa collaboration; il représentera dans notre Comité de direction l'élément « chemin de fer d'intérêt local » qui n'y était pas encore représenté directement jusqu'ici. Nous sommes d'autant plus heureux de son acceptation que ses éminentes qualités d'administrateur et ses profondes connaissances techniques nous assurent pour l'avenir un concours des plus précieux.

Les bravos enthousiastes, mon cher collègue, qui ont salué ma proposition, vous sont un gage de la vive sympathie que vous inspirez à tous.

Je ne crois pas devoir mettre aux voix la nomination de M. de Burlet; les bravos de l'Assemblée ont en effet, mieux que tout vote, ratifié la proposition du Comité de Direction. (*Applaudissements prolongés.*)

(*M. de Burlet prend place à la table du Comité de Direction.*)

**M. de Burlet** (Bruxelles). — Messieurs, je suis extrêmement sensible au grand honneur que me fait le Comité en proposant mon entrée au sein du Comité de Direction de l'Union internationale.

Je lui en suis très reconnaissant et vous remercie, Messieurs, de l'accueil sympathique que vous avez bien voulu faire à cette proposition.

Je n'ai pas la fatuité cependant de croire que mon mince mérite personnel a guidé le choix du Comité. Il y a dans les paroles de notre Président une très large part de bienveillance et il faut les attribuer aussi à l'amitié qui nous unit depuis si longtemps.

Mais le Comité a peut-être voulu rendre hommage à mon attachement profond, déjà ancien et de plus en plus fidèle, à l'Union internationale. (*Applaudissements.*)

Certes, je suis très attaché à cette excellente institution dont j'apprécie hautement la grande utilité ainsi que les signalés services qu'elle a déjà rendus et qu'elle ne cessera encore de rendre dans l'avenir, par ses travaux, par ses publications si intéressantes, par ses débats, par ses discussions toujours pratiques et substantielles, par ses congrès et par les excellentes relations qu'elle crée entre les membres de l'Union.

Je ne suis pas insensible au charme de ces réunions, pas plus que je ne suis insensible à l'honneur qui m'échoit de collaborer aux travaux d'une association qui poursuit un but si utile, sous la haute et intelligente direction d'un ami qui nous est cher à tous, notre honorable président, M. Léon Janssen.

Il sait déjà depuis longtemps ce que je pense de lui. J'ai eu l'occasion de lui dire après le congrès de Vienne, dans une réunion de compatriotes, combien nous l'admirions, quelle sympathie il nous inspirait par la manière distinguée autant que délicate avec laquelle il dirige ces assemblées; et, Messieurs, ce n'est pas là, vous le savez bien, chose fort aisée; vous vous en êtes certainement tous rendus compte.

Je le remercie donc de tout cœur et remercie également l'assemblée du choix qu'elle a cru devoir porter sur ma personne.

Je marcherai avec le plus grand plaisir sous le trolley de M. Janssen et je joindrai mes efforts à ceux de tous les hommes distingués qui composent le Comité, pour remplir les devoirs qui m'ont été imposés aujourd'hui. Je n'ai qu'à m'inspirer de l'exemple de tous les membres du Comité et, en particulier, de mon prédécesseur, M. Nonnenberg.

Encore une fois, merci, et je puis vous assurer de tout mon dévouement et de toute ma bonne volonté. (*Applaudissements.*)

**M. le Président.** — Les statuts de l'Union internationale prévoient une catégorie spéciale de membres : les membres d'honneur. S'il est parmi nous un homme qui mérite cette distinction, c'est bien M. Nonnenberg, à l'initiative duquel est due l'idée première de la fondation de notre Union internationale, lui qui pendant de longues années en fut l'âme et le dévoué Secrétaire Général et que ses occupations multiples

obligent aujourd'hui à se retirer, à notre grand regret, de la vie active de notre association.

Je crois donc répondre au désir de l'assemblée en proposant de nommer notre collègue et ami à tous, M. Nonnenberg, membre d'honneur de l'Union internationale. (*Applaudissements répétés.*)

L'enthousiasme avec lequel vous avez applaudi mes paroles, montre bien que ma proposition vous agréée; je déclare en conséquence M. Nonnenberg élu à l'unanimité, membre d'honneur de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local.

Je propose à l'Assemblée d'autoriser notre Comité de direction d'envoyer à M. Nonnenberg, par télégramme, ses chaleureuses félicitations. (*Approbation générale.*)

Nous passons au point suivant de notre ordre du jour : Modifications aux Statuts.

Comme vous le savez Messieurs, notre association date de 1885, c'est-à-dire d'une époque où l'on ne pouvait prévoir le développement immense qu'aurait pris de nos jours l'industrie des tramways et des chemins de fer d'intérêt local; il n'existait alors que quelques tramways à chevaux et peu ou point d'exploitations à traction mécanique. Nos statuts, qui datent de cette époque, devaient naturellement se ressentir de cet état de chose et il convient de les mettre aujourd'hui en concordance avec le développement pris par notre industrie. Déjà en 1902, au Congrès de Londres, nous avons modifié le titre de notre association en donnant aux chemins de fer d'intérêt local la place qui leur revient; l'Union internationale permanente de Tramways est ainsi devenue l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local. D'autre part, en 1904, au Congrès de Vienne, nous avons augmenté les cotisations des membres.

Il s'agit aujourd'hui de modifier les statuts mêmes de l'Union internationale, statuts qui ont quelque peu vieillis et ne répondent plus qu'imparfaitement au but poursuivi dans ces dernières années par notre association.

En conséquence, notre Comité de direction a cru devoir élaborer de nouveaux statuts qu'il soumet aujourd'hui à votre approbation. Vous avez tous reçu le projet des textes nouveaux; comme vous avez pu le voir, ils sont inspirés des anciens statuts; l'esprit en est resté le même.

Comme modification essentielle, je tiens à vous faire remarquer que nous proposons d'augmenter, en le portant de 9 à 15, le nombre des membres du Comité de direction, et ce afin de pouvoir comprendre dans ce comité, à côté des délégués des exploitations de tramways, des délégués des exploitations de chemins de fer d'intérêt local, et aussi afin de mieux y représenter les différents pays faisant partie de l'association.

Notre Secrétaire Général va vous donner lecture des nouveaux statuts et, si vous le voulez bien, nous les voterons article par article.

**M. Thelemann** (Dusseldorf). — Je crois, Messieurs, qu'il est tout à fait inutile de voter les nouveaux statuts article par article. Le projet qui a été élaboré par notre Comité de direction nous a été remis en temps utile et nous avons pu l'examiner à loisir. Le projet des nouveaux statuts a été très bien compris et je crois que personne d'entre nous n'aura d'observations à présenter. Je propose donc de voter en bloc le projet des nouveaux statuts. (*Approbation générale.*)

**M. le Président.** — Le Comité de Direction se rallie à la proposition qu'approuve l'assemblée. Nous soumettons donc en bloc à votre approbation le projet des nouveaux statuts.

Je prie notre Secrétaire Général de donner lecture des nouveaux statuts. Je me permettrai de faire remarquer que le texte dont il va vous être donné lecture, diffère en quelques points du projet qui vous a été remis; il ne s'agit cependant que de quelques modifications de rédaction sans importance.

(*M. le Secrétaire Général donne lecture du projet des nouveaux statuts.*)

#### ARTICLE PREMIER. — **Objet, Siège.**

« L'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local a pour objet l'étude de tout ce qui se rattache à l'industrie des tramways et des chemins de fer d'intérêt local, dans le but de favoriser les progrès de cette industrie, tant au point de vue technique et économique qu'au point de vue des intérêts du public. »

« A cet effet et notamment : »

« a) Elle organise des congrès périodiques et internationaux ; »

« b) Elle institue un bureau de renseignements qui fournit à ses membres, sur leur demande ou périodiquement, les résultats de recherches sur des questions spéciales ou d'expériences faites dans les exploitations de divers pays, ou tout autre renseignement se rattachant à l'industrie des tramways et des chemins de fer d'intérêt local ; »

« c) Elle publie les comptes rendus de ses Congrès, des mémoires et autres documents divers se rattachant à son objet social ; »

« d) Elle crée des relations confraternelles entre ses membres. »

« Le siège de l'Union est à Bruxelles. »

#### ART. 2. — **Membres.**

« L'Union se compose de membres effectifs, de membres effectifs personnels, de membres associés, de membres associés personnels et de membres d'honneur. »

« Peuvent être :

« a) *Membres effectifs* : Les entreprises, exploitations et associations de tramways et de chemins de fer d'intérêt local. Elles sont représentées par un délégué par elles désigné ; »

« b) *Membres effectifs personnels* : Les administrateurs, directeurs, ingénieurs et fonctionnaires supérieurs des entreprises, exploitations, associations ci-dessus désignées, pour autant qu'elles soient elles-mêmes affiliées à l'Union ; »

« c) *Membres associés* : Les firmes, sociétés, associations industrielles et les administrations publiques ou autres qui, sans exploiter elles-mêmes des lignes de tramways ou de chemins de fer d'intérêt local, s'intéressent à cette industrie. Elles sont représentées à l'Union par un délégué par elles désigné ; »

« d) *Membres associés personnels* : Les personnes qui s'intéressent à l'industrie des tramways et des chemins de fer d'intérêt local et qui, par leurs fonctions, n'appartiennent pas à la catégorie des membres désignés ci-dessus sous le litt. b ; les fonctionnaires des firmes, sociétés, associations ou administrations reprises au litt. c ci-dessus, ne pourront être admis qu'autant que l'administration à laquelle ils appartiennent, soit elle-même affiliée à l'Union. »

« Le Comité de direction se prononce sur les demandes d'admission comme membres de l'Union ; ces demandes doivent être faites par écrit. »

« L'assemblée générale de l'Union pourra, sur la proposition du Comité de direction et à la majorité des membres prenant part au vote, nommer des membres d'honneur. »

**ART. 3. — Administration.**

« L'Union est administrée par un Comité international de direction composé de sept membres au moins et de quinze membres au plus, nommés par l'assemblée générale à la majorité des membres prenant part au vote. »

« Ne sont éligibles que les délégués des membres effectifs et les membres effectifs personnels (art. 2, litt. a et b). »

« A chaque assemblée générale ordinaire, le tiers des membres du Comité de direction sort de charge suivant un ordre qui sera établi par un tirage au sort, en forçant ou réduisant la troisième sortie suivant le cas. »

« Les membres sortants sont rééligibles. »

« Les fonctions des membres du Comité de direction sont gratuites. Les membres du Comité de direction seront indemnisés des frais de déplacement qu'ils seront appelés à faire pour assister aux réunions du Comité. »

**ART. 4. — Direction.**

« Le Comité de direction fait son règlement d'ordre intérieur. Il peut remplacer provisoirement ses membres décédés, empêchés ou démissionnaires; dans ce cas, l'assemblée générale ordinaire procédera à l'élection définitive dans sa prochaine réunion. »

« Immédiatement après chaque assemblée générale ordinaire, le Comité de direction choisit dans son sein, un président et deux vice-présidents. Ces mandats peuvent être renouvelés. »

« Le Comité de direction, pour délibérer valablement, doit réunir au moins un tiers de ses membres. Les décisions sont prises à la majorité absolue des membres présents. En cas de partage, la voix du président est prépondérante. »

« Le Comité de direction représente l'Union; il administre, gère et surveille les affaires et les intérêts de l'Union; il prépare les congrès et les assemblées générales et en exécute les décisions. »

« Il peut choisir dans son sein un Comité exécutif en fixant le nombre des membres de celui-ci et lui déléguer tout ou partie de ses pouvoirs. »

**ART. 5. — Secrétariat général.**

« Le Comité de direction pourra instituer un Secrétariat général, nommer, appointer et révoquer le Secrétaire général et en déterminer les fonctions et attributions. »

« Le Secrétaire général fait partie du Comité exécutif avec voix consultative. Il aura voix délibérative, s'il est choisi parmi les membres du Comité de direction. »

« Le président de l'Union signe les engagements ou décharges vis-à-vis des tiers au nom de l'Union. En cas d'absence ou d'empêchement, il pourra déléguer à cet effet un membre du Comité de direction ou le Secrétaire général. »

« Le Comité de direction et le Secrétariat général auront, comme l'Union, leur siège à Bruxelles. »

**ART. 6. — Commissions d'étude.**

« Le Comité de direction a le droit de nommer, même en dehors des membres de l'Union, des commissions spéciales chargées d'étudier des questions qui leur seront soumises. »

**ART. 7. — Congrès et Assemblées générales ordinaires.**

« Tous les deux ans au moins, les membres de l'Union se réunissent en un Congrès suivi de l'Assemblée générale ordinaire. »

« Le lieu et l'époque du Congrès et de l'Assemblée générale ordinaire sont ceux fixés par l'Assemblée générale précédente. »

« Le Comité de direction a toutefois le droit, si des circonstances spéciales se présentent, de modifier la décision prise à ce sujet. »

« L'Assemblée générale ordinaire vérifie et arrête les comptes des exercices écoulés depuis l'Assemblée générale précédente et décide s'il y a lieu de donner décharge au Comité de direction; elle examine et arrête le budget des recettes et dépenses jusqu'à l'Assemblée générale prochaine. »

**ART. 8. — Assemblées générales extraordinaires.**

« Le Comité de direction a le droit de convoquer des assemblées générales extraordinaires. »

« Il convoquera dans le délai de trois mois une assemblée générale extraordinaire si les deux tiers des membres effectifs (art.2, litt. *a* et *b*) en font la demande. »

**ART. 9. — Ordre du jour des Congrès et Assemblées générales ordinaires.**

« Les convocations aux Congrès et Assemblées générales ordinaires sont envoyées aux membres de l'association au moins trois mois à l'avance. »

« Le Comité de direction arrête les sujets à traiter aux congrès et assemblées générales. »

« Il mettra à l'ordre du jour toute proposition signée de dix membres effectifs (art. 2, litt. *a* et *b*) au minimum, pour autant que cette proposition lui parvienne au moins six semaines avant le 1<sup>er</sup> du mois dans le courant duquel le Congrès et l'Assemblée générale ont lieu. »

« L'ordre du jour définitif sera communiqué aux membres quinze jours francs avant le Congrès et l'Assemblée générale. »

**ART. 10. — Langues.**

« Aux Congrès et Assemblées générales, les communications et discussions se feront en français et en allemand. »

« Les publications de l'Union paraîtront en français et en allemand. Toutefois le Comité de direction aura le droit de permettre des communications et de faire faire des publications en d'autres langues. »

**ART. 11. — Résolutions des Congrès.**

« Les résolutions des Congrès ont pour but de donner, sur les objets discutés, des conseils et des éclaircissements; elles n'engagent pas les membres de l'Union. »

**ART. 12. — Votes.**

« Les membres effectifs et les membres effectifs personnels (art.2, litt. *a* et *b*) ont seuls le droit de vote. »

« Les membres effectifs, représentés par leurs délégués ainsi qu'il est dit à l'art 2, litt. a, prennent part aux votes pour autant de voix qu'ils payent de fois 50 francs de cotisation annuelle. »

« Les membres effectifs personnels (art. 2, litt. b) ont chacun droit à une voix. »

« Les membres effectifs et les membres effectifs personnels ont le droit de se faire représenter aux Congrès et assemblées générales par d'autres membres effectifs ou effectifs personnels. Ces derniers doivent être, dans ce cas, porteurs d'une autorisation spéciale. »

« Le mode de votation est fixé par le président de l'assemblée. »

« Toutefois les nominations des membres du Comité de direction et des membres d'honneur auront lieu au scrutin secret, à la majorité des membres prenant part au vote; ces nominations pourront aussi avoir lieu par acclamation. »

« En cas de parité de voix, la voix du président de l'assemblée est prépondérante. »

« Deux scrutateurs nommés par l'assemblée, procèderont au dépouillement des bulletins. »

#### ART. 13. — Cotisations.

« Les cotisations des membres effectifs (art. 2, litt. a) sont proportionnelles aux recettes brutes des entreprises; elles sont fixées comme suit (1) : »

« Pour une recette annuelle brute :

a)	de moins de 1,000,000 francs	. . . . . fr.	50.—	par an.
b)	de fr. 1,000.000 à fr. 2,000,000	. . . . .	100.—	»
c)	» 2,000.000 » 3,000.000	. . . . .	150.—	»
d)	» 3,000.000 » 4,000.000	. . . . .	200.—	»
e)	» 4,000.000 » 5,000,000	. . . . .	250.—	»
f)	au-dessus de fr. 5,000,000	. . . . .	300.—	»

« La cotisation annuelle des membres effectifs personnels (art. 2, litt. b) est de 20 francs. »

« La cotisation annuelle des membres associés (art. 2, litt. c) est de 100 francs et celle des membres associés personnels (art. 2, litt. d), de 20 francs. »

« Si les recettes étaient insuffisantes pour équilibrer le budget, le déficit serait supporté par les membres effectifs (art. 2, litt. a), et ce dans la proportion des cotisations payées par chacun d'eux pour le dernier exercice. »

« Les cotisations sont payables par anticipation, dans le courant du mois de janvier. »

« Les membres d'honneur ne paient pas de cotisation. »

#### ART. 14. — Démission des membres.

« Tout membre qui désire se retirer de l'Union, doit en informer par écrit le Président avant le 1<sup>er</sup> octobre, sous peine d'être astreint à payer sa cotisation lui incombant pour l'année suivante. »

#### ART. 15. — Durée de l'Association. — Dissolution.

« La durée de l'Union internationale est de 50 ans à dater de la mise en vigueur du présent règlement (2). »

---

(1) Décision de la XIII<sup>me</sup> Assemblée générale (Vienne, 8 septembre 1904).

(2) 21 septembre 1906.

« Toute proposition de dissolution anticipée ne pourra être votée qu'à la majorité des trois quarts des voix prenant part au vote. »

« En cas de dissolution, l'Assemblée générale nomme une Commission de liquidation, qui peut être le Comité de direction. »

« Dans la cinquantième année, une Assemblée générale décidera à la majorité des voix s'il y a lieu de prolonger la durée de l'Union et, le cas échéant, jusqu'à quelle époque. »

#### ART. 16. — Avoir.

« L'avoir social de l'Union appartient aux seuls membres effectifs (art. 2, litt. a) qui font partie de l'Union sans interruption depuis au moins six années; en cas de dissolution, il sera réparti entre eux, au prorata de la somme de leurs cotisations payées pendant les six dernières années. »

« Tout membre démissionnaire perd ses droits à la copropriété de l'avoir social. »

#### ART. 18. — Règlement. — Modifications au règlement.

« Le présent règlement entrera en vigueur aussitôt qu'il aura été voté en assemblée générale (1). »

« Toute modification au règlement doit être votée à la majorité des trois quarts des voix prenant part aux votes. »

**M. le Président.** — Quelqu'un a-t-il des observations à présenter?

Personne ne demandant la parole, je mets aux voix les statuts tels qu'ils viennent d'être lus. Que ceux qui sont d'accord veulent bien lever la main. (*Unanimité.*)

Je ne constate aucune opposition et je déclare donc les nouveaux statuts adoptés à l'unanimité.

Nous passons au point suivant de notre ordre du jour : Election de membres du Comité de direction supplémentaires.

Il résulte, Messieurs, de l'article 3 des statuts qui viennent d'être votés, que le Comité de direction peut être composé de quinze membres, alors que d'après nos anciens statuts celui-ci n'en comportait que neuf.

Comme je vous le disais, nous avons tenu à mettre le Comité de direction mieux en rapport avec le développement pris par l'association et aussi à mieux y faire représenter les différents pays affiliés à l'Union internationale.

L'Allemagne a toujours pris une part considérable à nos travaux et notre Comité de direction est d'avis de rendre hommage à l'assiduité de nos collègues allemands, en portant de deux à quatre le nombre de leurs représentants dans le sein du Comité de direction. Si vous êtes de cet avis, nous croyons devoir vous proposer la nomination de M. Poetz, Directeur des Tramways de Hambourg, le second réseau le plus important de l'Allemagne, et celle de M. Hähner, Directeur des Tramways de Strasbourg, dont le réseau comporte également de nombreuses lignes d'intérêt local; M. Hähner de plus, représentera dans notre Comité, plus particulièrement les intérêts de l'Allemagne du Sud. (*Applaudissements prolongés.*)

Il est un vétéran des tramways, Messieurs, que nous voudrions beaucoup voir figurer parmi nous: M. Thonet, Directeur général de la Société d'Entreprise Génér-

---

(1) 21 septembre 1906.

rale de Travaux à Liège. M. Thonet est depuis longtemps un membre assidu de nos réunions; il est à la tête d'une Société importante qui exploite de nombreuses lignes de tramways et de chemins de fer d'intérêt local dans plusieurs pays, notamment ici en Italie. Plus d'une fois aussi, nous avons eu recours à sa grande expérience pour lui demander des rapports sur des questions du plus haut intérêt. (*Applaudissements prolongés.*)

Les applaudissements de l'Assemblée me dispensent, je crois, de soumettre l'élection de MM. Poetz, Hähner et Thonet à votre vote et je déclare en conséquence ces messieurs élus membres du Comité de direction.

Je vous félicite, mes chers collègues, et je prie MM. Hähner et Thonet de bien vouloir prendre place au bureau.

(*MM. Hähner et Thonet prennent place au bureau.*)

M. Poetz n'ayant pu prendre part à nos travaux, je propose à l'Assemblée de lui envoyer un télégramme de félicitations lui faisant part de sa nomination. (*Approbation générale.*)

Le Comité de direction de l'Union internationale peut, d'après les nouveaux statuts, se composer de 15 membres. Afin de compléter notre comité, nous aurons à voir quelles sont les propositions à faire quant à l'adjonction de membres d'autres nationalités, notamment de l'Italie. Nous le ferons dans une prochaine assemblée statutaire.

Le dernier objet de notre ordre du jour est la désignation du lieu et de la date du prochain Congrès.

La parole est à M. Kühles, Conseiller municipal de la Ville de Munich.

**M. Kühles** (Munich). — Messieurs. Au nom de la Municipalité de la Ville de Munich, que j'ai l'honneur de représenter à ce Congrès et à la demande expresse de notre Bourgmestre, j'ai l'honneur d'inviter l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local à tenir son prochain Congrès en 1908 dans notre ville de Munich.

Nous ne pourrions naturellement pas offrir des festivités aussi grandioses et aussi variées que celles qui vous ont été offertes par la Ville de Milan. Nous donnerons cependant à notre réception un caractère tout autre qui trouvera également, je n'en doute pas, votre assentiment et votre approbation; en un mot nous vous recevrons à la mode bavaroise.

Vous connaissez notre art et nos musées; nos grands maîtres tels que Lembach, Kaulbach, Defregger. et autres ne vous sont pas inconnus. Notre industrie aussi a fait de grands progrès et nos ateliers de construction, comme par exemple ceux de Maffei et Kraus, ont acquis une réputation universelle. Notre exploitation de tramways enfin, présente également un certain intérêt. Puis nos montagnes et nos lacs; aussi les excursions sur le versant nord des Alpes qui peuvent certes rivaliser avec celles qui vous ont été offertes sur le versant sud.

Enfin, nous aurons peut-être une exposition en commémoration du 750<sup>me</sup> anniversaire de la fondation de notre ville. Cette exposition, sans être internationale et sans vouloir rivaliser avec celle de Milan, promet cependant d'être des plus intéressantes. Et pour terminer — *least to least* —, nos brasseries et notre bière nationale qui, nous l'espérons, vous reconfortera des fatigues du Congrès. (*Rires et applaudissements.*)

Je termine en vous souhaitant pouvoir vous dire: au revoir à Munich en 1908. (*Applaudissements.*)

**M. von Schütz**, Délégué du Gouvernement hongrois. — Messieurs. Ce n'est pas sans une certaine appréhension que je prends la parole après la si aimable



invitation que vient de vous faire M. Kühles au nom de la Municipalité de Munich ; mes craintes cependant s'évanouissent quand je me remémore les paroles aimables qui, lors du Congrès de Vienne, ont été adressées — officieusement il est vrai, — aux délégués hongrois et leur ont permis d'espérer que les assises du Congrès de 1908 pourraient peut-être avoir lieu à Budapest.

Ces paroles, répétées aux Autorités hongroises, ont produit la meilleure impression et je puis vous assurer que le Gouvernement hongrois, tout comme la Municipalité de Budapest, seraient extrêmement flattés, s'il pouvait être donné suite à cette idée première. Le Gouvernement hongrois, Messieurs que j'ai le grand honneur de représenter à votre Congrès, sera très heureux de vous prouver, en vous recevant, le haut intérêt qu'il porte aux travaux de votre association. Il m'a chargé de vous inviter en son nom et d'insister auprès de vous pour que votre prochain Congrès se tienne à Budapest.

Je transmets cette invitation officielle au Comité de direction de l'Union internationale et j'ose espérer qu'il y sera répondu favorablement et que les membres de l'association viendront aussi nombreux que possible dans notre belle capitale. Celle-ci ne possède peut-être pas autant de chefs-d'œuvre et de curiosités que ce charmant pays de fleurs et de rêves où, pendant tous ces jours derniers, nous avons rencontré un accueil inoubliable. Quoi qu'il en soit, je suis intimement persuadé que vous emporterez de votre prochain Congrès à Budapest l'agréable souvenir d'une large hospitalité, de cette hospitalité hongroise qui a su acquérir une certaine renommée dans le monde entier. (*Applaudissements.*)

**M. le Président.** — Je suis heureux de me faire l'interprète de l'Assemblée pour présenter à MM. Kühles et von Schütz tous nos remerciements pour les sentiments de cordialité qu'ils viennent d'exprimer à l'Union internationale, l'un au nom de la Municipalité de Munich, l'autre au nom du Gouvernement hongrois. Je prie ces messieurs, dès qu'ils seront rentrés dans leurs foyers, de bien vouloir être auprès des autorités de leurs pays respectifs, l'interprète de toute notre gratitude. (*Appl.*)

Messieurs, d'autres invitations ont encore été adressées à l'Union internationale pour son Congrès de 1908 : Copenhague, Christiania et Madrid sont en lice. Il me paraît assez difficile de faire, séance tenante, entre toutes ces invitations un choix judicieux et je vous demande de laisser au Comité de direction le soin de fixer celle de ces villes où aura lieu notre prochain Congrès. (*Approbation générale.*)

Nous avons agi de même à Vienne en 1904 et je crois que vous n'avez pas eu à regretter le choix de votre Comité, car nous emporterons tous, j'en suis persuadé un souvenir des plus agréables de notre séjour dans la belle ville de Milan et du Congrès qui s'y est tenu.

**M. Thelemann** (Dusseldorf). — Je crois pouvoir dire que l'Assemblée toute entière est d'accord pour laisser au Comité de direction le soin de décider la ville où se réunira dans deux ans le Congrès de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local. Je crois cependant devoir attirer l'attention du Comité sur les avantages que comporterait pour la plupart d'entre nous, surtout pour les nombreux Allemands réunis ici, une ville présentant une situation quelque peu centrale ; aussi je crois que nous aurions grand intérêt à accepter l'invitation qui vient de nous être faite par la Capitale de Bavière ; je suis persuadé que tous nos collègues allemands tiendront à assister au Congrès de Munich.

On a proposé Madrid ; la liste de présence montre que bien peu de collègues espagnols ont fait le voyage de Milan et c'était bien là chose naturelle ; je crois que si réellement le Congrès avait lieu à Madrid, on n'y rencontrerait également que peu d'éléments allemands, et ce pour toutes sortes de bonnes raisons, mais surtout à cause de la longueur du voyage et des dépenses qu'occasionnerait ce déplacement.

Plus la ville où se réunit un Congrès international est centrale, plus nombreux seront les pays représentés, car alors le temps et les dépenses se répartissent d'une façon plus uniforme.

**M. le Président.** — Nous reconnaissons tout le bien fondé de l'observation qui vient d'être présentée par M. Thelemann; le Comité de direction ne manquera pas d'en tenir compte dans la décision qu'il aura à prendre.

Reste un dernier point à notre ordre du jour, en vue des communications diverses qui pourraient être faites.

Quelqu'un désire-t-il prendre la parole?

Puisque tel n'est pas le cas, je déclare la XIV<sup>e</sup> assemblée statutaire levée, en vous remerciant encore et en vous disant à tous : au revoir en 1908!

*L'assemblée est levée à 1.30 heure.*



## Réceptions, Excursions, Fêtes et Banquets.

---

Le Congrès international de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local de Milan a été particulièrement brillant; cette réunion peut être considérée comme une des plus réussies auxquelles les membres de l'Union internationale aient assisté. L'importance des questions portées à l'ordre du jour, de même aussi que les beautés de la Ville de Milan et le charme qu'offre à tous un séjour, ne fût-ce que de quelques jours, dans le Nord de l'Italie et enfin les superbes et nombreuses fêtes, excursions et banquets auxquels étaient conviés les congressistes, ont certainement contribué au succès du Congrès de Milan; tous ceux qui ont eu la bonne fortune d'y assister en garderont le plus agréable souvenir. Le Congrès de 1906 présentait d'ailleurs un intérêt tout particulier par suite de l'Exposition internationale de Milan.

Par une attention délicate du Gouvernement italien, celui-ci avait tenu à faciliter aux Congressistes et aux dames qui les accompagnaient, le voyage de Milan et une visite ultérieure des beautés de l'Italie, en leur accordant, du 10 septembre à fin octobre sur tout le réseau des chemins de fer, les avantages du tarif différentiel, c'est-à-dire une réduction de 40 à 60 % sur le prix des billets au tarif ordinaire.

Le programme des fêtes et excursions avait été réglé, d'accord avec le Comité de Direction de l'Union internationale, par un Comité local à la tête duquel se trouvaient comme présidents d'honneur, M. le marquis Ponti, Sénateur du royaume et Syndic de la Ville de Milan, M. Alfazio, Sénateur du royaume et Préfet de la Ville de Milan et M. Manusardi, Président de la Députation provinciale de Milan. La présidence effective du Comité exécutif avait été confiée à M. le Professeur Ponzio, Assesseur de la Ville de Milan et Professeur à l'Institut technique supérieur. Malgré les difficultés exceptionnelles que rencontrait l'organisation des excursions, banquets et autres festivités au milieu du trafic intense que présentait Milan à une époque où abondaient les étrangers et où les différents congrès affluaient, le Comité exécutif de réception, grâce au bienveillant concours des Autorités gouvernementales, provinciales et municipales, mais grâce surtout au zèle infatigable de son Président et de son dévoué Secrétaire général, M. P. Giovanola, Directeur municipal des Tramways de la Ville de Milan, est parvenu à réaliser cette partie de son programme d'une façon digne d'éloges.

\* \* \*

Le dimanche 16 septembre, à 6 1/2 heures, M. Léon Janssen, Administrateur-Directeur général des Tramways Bruxellois et Président de l'Union internationale, offrit dans les salons du Restaurant Cova, un dîner aux Autorités gouvernementales, provinciales et municipales, aux membres du Comité exécutif de réception, aux rapporteurs, en un mot à tous ceux qui avaient pris une part active à l'organisation du congrès.

Ce dîner, honoré de la présence de Son Excellence M. Dari, Sous-Secrétaire au Ministère des Travaux publics d'Italie et de nombreuses autres personnalités, fut très brillant et cordial. A l'heure des toasts, M. Janssen prend la parole pour souhaiter la bienvenue à ses invités et les remercier d'avoir contribué, à des titres divers, mais également efficaces et dévoués, à assurer le succès du Congrès qui va s'ouvrir. Après avoir exprimé sa pleine confiance dans les heureux résultats du Congrès, M. Janssen lève son verre en l'honneur du Souverain auguste qui préside aux destinées du royaume d'Italie, à S. M. le roi Victor-Emmanuel III et à la Famille royale.

S. E. M. Dari, répond par un éloquent discours fréquemment interrompu par de chaleureux applaudissements et termine en levant son verre à la réussite du Congrès qui s'ouvrait le lendemain.

Un excellent orchestre prêtait son concours à cette fête intime qui dut prendre fin trop tôt de l'avis de tous les convives, pour permettre à ceux-ci de prendre part à la soirée de réception organisée par le Comité local et offerte à tous les membres du Congrès.

Dès 8 1/2 heures déjà, un grand nombre de Congressistes et de dames se réunissent dans la grande salle de la Bourse, mise gracieusement à la disposition du Comité local par la Chambre de commerce de Milan. C'est dans ces locaux, transformées pour la circonstance, grâce à de nombreuses plantes ornementales, en un véritable jardin, qu'avait lieu la réunion familière traditionnelle par laquelle l'Union internationale a pris l'habitude de commencer ses Congrès, habitude excellente, grâce à laquelle se renouent les relations anciennes et se créent des relations nouvelles.

A leur entrée, les Congressistes reçoivent un insigne et plusieurs élégants livrets, notamment une description détaillée de la ville, éditée par les soins de la Municipalité. Par une attention délicate, les nombreuses dames qui assistaient à cette charmante réunion ne sont pas oubliées et des fleurs leur sont distribuées.

Pendant la réunion, un orchestre exécutait un répertoire aussi brillant que varié. Un buffet richement garni était dressé dans la grande salle de la Bourse et conviait les Congressistes à une confraternelle cordialité.

La réunion très animée se prolonge jusque vers minuit et les invités se séparent à regret en se donnant rendez-vous pour le lendemain matin.

\* \* \*

Le Comité de réception avait réservé l'après-midi de la première journée à des visites isolées soit de la Ville, soit de l'Exposition, soit de plusieurs établissements industriels; parmi ces derniers, nous citerons notamment la Società Anonima per la conservazione del legno, pour la préparation et l'injection du bois par le procédé Giussani; la Società Italiana Langen & Wolff pour la construction de moteurs à gaz; la Società Anonima Officine Meccaniche già Miani Silvestri & C°, ateliers de construction pour le matériel roulant de chemins de fer et de tramways; le Tecnomassio Italiano Brown-Boveri pour la construction de machines électriques et de matériel électrique; les ateliers Stiegler pour la construction d'ascenseurs; les ateliers A. Riva, Monneret & C°, pour la construction de turbines hydrauliques; l'Unione elettrotecnica Italiana pour la construction de machines électriques et des turbines à vapeur du système Belluzo; la Società Ceramica Richard-Clinori qui, à côté de la fabrication d'isolateurs pour lignes électriques à haute tension, s'occupe également de la fabrication de porcelaines et céramiques artistiques.

Nombreux furent les Congressistes qui profitèrent de l'occasion pour visiter, sous la conduite d'ingénieurs de la maison, ces intéressants établissements; partout ils reçoivent l'accueil le plus cordial.

A 8 heures, les Congressistes et les dames se retrouvent au Corso Restaurant où avait lieu le banquet offert à l'Union internationale par S. E. le Ministre des Travaux publics d'Italie.

La salle était splendidement décorée des drapeaux des différentes nations représentées au Congrès; plus de 400 convives y étaient réunis. Cette fête inaugurerait brillamment la série officielle des réceptions offertes aux membres du Congrès.

La première table d'honneur était présidée par S. E. M. Dari, Sous-Secrétaire du Ministre des Travaux publics, représentant M. le Ministre empêché; à sa droite se trouvait M. L. Janssen, Président de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local. Avaient également pris place à cette première table d'honneur, alternativement à droite et à gauche, S. E. M. Swend Hogsbro, Ministre des Travaux publics du Danemark, M. Saldini, Assesseur municipal de la Ville de Milan, M. Van Ypersele de Strihou, Premier attaché de la Légation belge à Rome, M. Pérouse, Conseiller d'Etat, Directeur des Chemins de fer au Ministère des Travaux publics, représentant le Gouvernement français, M. Kabierske, Conseiller aulique, délégué du Gouvernement allemand, M. Coletta, Président de section au Conseil supérieur des Travaux publics d'Italie, S. E. M. le Lieutenant-Général de Wendrich, délégué du Gouvernement hongrois, M. le comte Adrien Van der Burch, délégué du Gouvernement belge à l'Exposition de Milan, etc.

A l'heure des toasts, S. E. M. Dari, après avoir fait ressortir l'importance des transports en commun dans l'essor économique des peuples, montre tout l'intérêt que présentent pour les gouvernements les travaux d'une association telle que l'Union internationale. Il rappelle que l'Union, fondée en 1885, entre par le Congrès de Milan dans sa vingt et unième année, atteignant ainsi, sous la conduite de son Comité de direction, sa majorité, pleine de force et de vigueur, qualités qui lui promettent longue vie. Il termine en levant son verre à la prospérité de l'Union internationale et au succès de ses Congrès futurs et du Congrès de Milan en particulier.

De vifs applaudissements saluent l'éloquente et chaleureuse allocution de S. E. M. Dari.

M. L. Janssen, Président de l'Union internationale se lève ensuite :

EXCELLENCE, MESDAMES, MESSIEURS,

« Le Gouvernement italien nous fait un honneur insigne aujourd'hui en recevant à cette table les membres de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local.

Je suis heureux autant que je me sens fier de lui exprimer, au nom de cette association, nos plus vifs, nos plus sincères remerciements.

Il y a des siècles, Messieurs, que le nom de votre patrie compte parmi les illustres dans nos pays de Flandre, ma patrie.

Il y a des siècles que déjà nos artistes venaient, au rayonnement de vos gloires nationales, s'imprégner de l'âme, de la pensée et de la technique de vos grands maîtres, dont la légion sacrée, la brillante pléiade glorifie votre terre privilégiée.

De leur pèlerinage, ils rapportaient dans nos foyers, comme une auréole, une consécration, et le germe des chefs-d'œuvre dont s'enorgueillissent nos écoles d'art.

Et à mesure qu'ont passé les siècles, la gloire du nom italien s'est élevée sans cesse. Et à mesure que passaient les générations, la renommée de l'Italie s'est faite plus éclatante; et les sentiments d'admiration et de gratitude se sont ancrés plus profond dans le cœur de ceux qui sentent ces joies et ces jouissances intimes, hautes, affinées, dont les arts, toujours jeunes, sont la source immaculée.

Et, Messieurs, dans un autre ordre, dans le domaine de l'électricité qui nous occupe plus spécialement, n'est-il pas remarquable de constater quelle large part

revient aux savants et aux ingénieurs italiens, combien l'électrotechnique doit de découvertes, d'inventions, d'applications, de perfectionnements aux fils de cette nation hospitalière qui nous fête si galamment.

Aussi, Excellence et Messieurs, venions-nous vers vous le cœur et l'esprit pleins de reconnaissance déjà.

Et voici que, par surcroît, vous nous comblez de prévenances et de gracieusetés.

Véritablement, je voudrais dans votre belle langue, musicale comme la poésie qui flotte dans l'atmosphère, vibrante comme l'âme ensoleillée de votre patrie, je voudrais pouvoir traduire ce que nous ressentons tous. Je ne puis que bien imparfaitement, mais le plus cordialement du monde, vous dire le plus sincère, le plus profond merci.

Nous garderons, Messieurs, de nos gracieux, généreux et chers hôtes le plus affectueux, le plus durable souvenir !

S'il est, prétend-on, des vérités qui ne sont pas bonnes à dire, il en est heureusement d'autres qui sont charmantes à exprimer. Il n'en est point qui me soit plus agréable à traduire que ce merci à votre adresse, qui est sur toutes nos lèvres, venant du fond de tous cœurs.

Messieurs, sous la vivifiante impulsion d'une dynastie glorieuse dont l'action est faite de haute intelligence et de clairvoyance profonde, d'énergie et d'amour du pays, sous la conduite de gouvernants comme ceux qui mènent ses destinées, l'Italie donne au monde le spectacle d'un admirable essor, d'un rapide, puissant et continu développement économique.

Sous l'égide de son Roi, votre belle patrie, Messieurs, poursuivra sans faillir sa marche en avant.

Longue vie à vos Souverains, Messieurs, et videz avec moi votre coupe à S. M. le Roi d'Italie, à S. M. la Reine.

Je bois à la prospérité, à l'avenir, au bonheur de l'Italie, à la grandeur, à la gloire de votre patrie ! »

Des applaudissements prolongés accueillent le discours du Président de l'Union internationale.

M. Saldini, assesseur municipal de Milan se lève ensuite ; il est heureux de pouvoir au nom de la Municipalité et de son Syndic malheureusement empêché, être délégué au Congrès, et de pouvoir présenter au Congressistes les souhaits de bienvenue de la Ville de Milan. Dans un langage aussi élevé qu'humoristique, il montre les grands progrès réalisés par l'industrie des Tramways et des Chemins de fer d'intérêt local ; son âge lui permet de se reporter trente-cinq années en arrière et de se rappeler les nombreuses démarches qui devaient être faites et les interminables attentes dans les antichambres des ministères pour pouvoir alors obtenir une petite concession de ligne. Le développement qu'a pris l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local et le grand nombre de membres assistant au Congrès de Milan, montrent bien que, depuis lors, les Pouvoirs publics ont reconnu l'importance considérable de cette jeune industrie. S'il est vrai que les exploitants des tramways et de chemins de fer d'intérêt local n'ont pas autant de difficultés techniques à surmonter que les compagnies des grands chemins de fer, il n'en est pas moins vrai qu'ils ont dû, pour arriver au développement actuel, accomplir un travail d'Hercule en perçant une galerie à travers la terrible montagne que partout l'on appelle la « Bureaucratie ». Le percement de cette montagne est aujourd'hui heureusement accompli et les lois de toutes les nations, — même les lois italiennes, ajoute-t-il, — favorisent le développement de l'industrie des tramways et des chemins de fer d'intérêt local. Il termine en levant son verre à la prospérité de l'Union internationale et boit aussi à la santé des dames qui, collaboratrices infati-

gables des exploitants de tramways et de chemins de fer d'intérêt local, n'ont pas hésité à surmonter les fatigues d'un voyage, pour plusieurs d'entre elles parfois très long, afin de conseiller les Congressistes dans les résolutions qu'ils auront à prendre au Congrès de Milan!

Après cette allocution, souvent interrompue par les rires et les applaudissements de l'assemblée, M. Géron, membre du Comité de direction de l'Union internationale, se lève et, au nom des membres de l'association, remercie le Comité local pour le brillant programme élaboré en vue de la réception des congressistes. Il montre toutes les difficultés que présentait l'organisation du Congrès en temps d'Exposition, et se fait l'interprète de l'assemblée tout entière pour regretter l'absence du Président du Comité local, M. le professeur Ponzio, qu'un accident, heureusement sans gravité, survenu lors d'une visite à l'Exposition pendant les travaux du jury des récompenses, empêche aujourd'hui d'être parmi nous ; il termine en priant M. Giovanola, le dévoué et sympathique Secrétaire général du Comité local, de présenter à M. le Professeur Ponzio les regrets de l'assemblée et ses vœux pour un prompt rétablissement.

M. Giovanola termine la série des toasts, en remerciant M. Géron pour les paroles aimables qu'il vient d'adresser aux membres du Comité local et notamment à M. le Professeur Ponzio qui, il n'en doute pas, sera très sensible aux marques de sympathie de l'assemblée. Il termine en levant son verre en l'honneur des membres de l'Union internationale et en particulier en l'honneur des représentants distingués de la science, qui ont été chargés de présenter des rapports au Congrès de Milan.

\* \* \*

L'après-midi du mardi 18 septembre était consacrée à une visite de l'Exposition, notamment des galeries des moyens de transport où, sous la conduite de M. Campiglio, Président de l'Union italienne des chemins de fer d'intérêt local et Président de la classe des moyens de transport à l'Exposition de Milan, ils font une promenade des plus intéressantes.

Vers quatre heures, tous les Congressistes se retrouvent au Pavillon du Gouvernement belge où par une attention des plus délicates, M. le Comte Adrien Van der Burch, délégué du Gouvernement belge au Congrès et Commissaire général du Gouvernement belge à l'Exposition de Milan, avait tenu à recevoir les membres de l'Union internationale. S. E. M. Dari, Sous-Secrétaire d'Etat au Ministère des Travaux publics, s'était joint aux membres du Congrès.

Le compartiment belge avait, pour la circonstance, reçu une fort belle décoration. Outre les superbes tapisseries flamandes qui le décoraient à demeure, de nombreuses plantes ornementales en avaient transformé le salon de réception en un véritable jardin.

M. le Comte A. Van der Burch reçoit ses invités en prononçant l'allocution suivante :

EXCELLENCE, MONSIEUR LE PRÉSIDENT, MESDAMES, MESSIEURS,

Ce n'est point sans une légitime fierté, que je considère l'honneur qui m'échoit aujourd'hui, comme Délégué du Gouvernement belge auprès de votre Congrès et comme Commissaire général de la Belgique auprès de l'Exposition, de vous souhaiter la bienvenue dans ce pavillon, monument éphémère, élevé sur la terre hospitalière d'Italie, à la gloire de la patrie belge

En même temps que je salue votre association d'ingénieurs de toutes nationalités, je vois se lever l'aurore d'une ère nouvelle dans l'histoire de l'humanité. La fraternité des peuples unis en un même idéal, pétri de désirs de travail et de progrès pacifiques, n'est plus un rêve qu'osaient caresser les seuls poètes, et des réunions

composées comme celle-ci d'hommes illustres de tous pays, dont la préoccupation constante est de faciliter le contact entre les races les plus diverses, en est un sûr garant.

Les temps ne sont plus où le respect courbait les fronts devant la force brutale. Le monde appartiendra demain à l'intelligence, au travail, et c'est aux hommes qui apparaîtront à l'humanité, ceints de cette double auréole, qu'iront les hommages et la vénération des foules.

La caractéristique de cette époque sera l'entrée des petites nations dans le concert des peuples qui sont à l'avant-garde dans la marche vers le progrès. Je n'en veux prendre ici d'autre exemple que le choix de votre président, entouré dans sa patrie du respect de tous, et dont la dignité qu'il tient de vos suffrages et l'appelle à l'honneur de diriger les destinées de l'Union internationale honore la Belgique entière.

Soyez les bienvenus, Mesdames et Messieurs, dans ce pavillon. Puissiez-vous emporter un souvenir durable des quelques instants que vous voulez bien y séjourner. Puissiez-vous vous rapprocher de l'âme belge qui s'y manifeste tout entière dans l'union du travail de ses ingénieurs et ouvriers, dans l'esprit de philanthropie réelle de ses dirigeants et de ses industriels dont le souci constant est de travailler au progrès et à l'amélioration du sort de tous en améliorant celui d'un chacun. »

De nombreux et chaleureux applaudissements accueillent la brillante allocution du Commissaire général du Gouvernement belge à l'Exposition de Milan.

M. L. Janssen, Président de l'Union internationale lui répond en ces termes :

« Par un sentiment de coquetterie charmant, vous avez voulu, mon cher Comte, vous Belge, faire les honneurs du compartiment belge à l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, dont le président se félicite d'être votre compatriote.

Je vous en remercie cordialement en notre nom à tous et bien un peu en mon nom aussi, si vous voulez me le permettre.

Vous tenez de votre race cette gracieuseté charmante, cette amabilité sûre d'elle, cette courtoisie native qui font le gentilhomme, mon cher Comte.

Vous tenez de vous-même, Monsieur le Commissaire général, l'activité féconde, le dévouement inlassable, l'intelligence toujours en éveil qui font l'honneur de notre représentation nationale à l'Exposition de Milan.

Toutes ces qualités, que je suis fier de rencontrer réunies dans mon distingué concitoyen, nous valent la réception charmante d'aujourd'hui où sous le pavillon belge, se groupent les nationalités les plus diverses, de langues les plus variées. Je n'emploierai qu'un langage pour vous exprimer nos sentiments à tous, le langage du cœur, que rarement il m'a été donné de parler plus sincèrement pour vous dire merci, un merci simple comme votre cordialité, affectueux comme votre accueil, un merci qui scelle notre durable et très vive reconnaissance. »

Après une collation prise auprès de deux buffets richement garnis, en écoutant le brillant programme d'un excellent orchestre, les invités se répandent dans les galeries où, sous la conduite de M. le Comte Van der Burch, ils visitent l'intéressante exposition du Compartiment belge.

La Société Générale italienne Edison d'Electricité qui, comme on le sait, fournit la totalité de l'énergie électrique à la Ville de Milan, avait tenu à recevoir les membres du Congrès dans l'une de ses principales usines, l'usine de la Porta-Volta. Cette réception eut lieu dans la soirée du mardi 18. A cette occasion, M. l'Ingénieur Semenza, Inspecteur des Services électriques de la Compagnie, fit aux invités une très intéressante conférence, illustrée de nombreuses projections, sur les turbines à



vapeur dans leurs applications à la traction électrique. Cette conférence est reproduite pages 60 à 77 du présent rapport.

\* \* \*

Le Comité de réception, dans son désir de laisser à ses invités le plus agréable souvenir de leur séjour en Italie, avait eu l'heureuse idée de scinder les journées du Congrès où le travail jouait un si grand rôle, en consacrant la journée tout entière du mercredi 19 septembre au repos; elle avait organisé à cette fin une excursion sur le Lac Majeur et à Côme.

Le matin à 7 1/2 heures, les Congressistes et les dames qui les accompagnent, se réunissent à la gare du Chemin de fer du Nord-Milan, pour monter dans le train brillamment pavoisé, mis gracieusement à leur disposition par le Chemin de fer Nord-Milan. Toutes les gares de la ligne sont joliment décorées et à Saronne et Varese, où le train est obligé de s'arrêter, les musiques municipales de ces villes viennent jouer quelques morceaux de musique.

La gaie perspective d'une bonne journée d'air et de soleil sur le plus grand des lacs italiens où la nature a semé à pleines mains l'exubérance de ses beautés, ne tarde pas à réunir tous les excursionnistes dans une fraternelle cordialité. Malheureusement le ciel se rembrunit et ce n'est plus qu'à travers un léger brouillard que les touristes peuvent admirer les riches villas de la plaine de Varese; ce fâcheux contretemps, trompant les espérances des dames qui songeaient au beau ciel de la Lombardie, n'arrive cependant pas à détruire la bonne humeur des congressistes et leur entrain.

Arrivés à Laveno vers 9 1/2 heures, les excursionnistes, bien que le soleil ne consentait à se montrer qu'à de rares intervalles, jouirent d'une première impression des beautés du lac et des monts environnants et prirent place sur un superbe bateau, merveilleusement pavoisé, mis gracieusement à la disposition du Comité de réception par la Société de navigation sur le Lac Majeur.

On ne tarde pas à appareiller et bientôt le bateau se détache de la rive pour se diriger vers le Sud.

Après avoir côtoyé la rive lombarde jusque Arolo, le bateau se dirige sur la rive piémontaise, riche de somptueuse villas; on passe en vue de Belgirate, de Stresa, des merveilleuses Iles Borromée pour venir accoster vers midi à Baveno où, faute de local assez spacieux, avait lieu, dans trois hôtels différents, un superbe déjeuner offert aux excursionnistes par le Comité local. De nombreux toasts furent portés, notamment en l'honneur de M. Carlier, Directeur du Chemin de fer Nord-Milan et de M. le Sénateur Mangili, Président de la Société de navigation sur le Lac Majeur, les deux organisateurs de cette belle excursion.

Vers 1 1/2 heure, les excursionnistes s'embarquaient à nouveau pour visiter la partie supérieure du lac, en passant par Pallanza, Intra, Chiffa, Oggebbio, Cannero, enfin par Luino pour arriver de nouveau à Laveno où ils reprennent leur train spécial qui les conduit à Côme où, au Théâtre de la Ville, ils devaient assister au banquet offert aux membres du Congrès par l'Association italienne de Tramways et l'Union italienne de Chemins de fer d'intérêt local.

La salle du Théâtre avait reçu une décoration des plus attrayantes. La table d'honneur était présidée par M. Campiglio, Président de l'Union italienne de Chemins de fer d'intérêt local; à sa droite était placé placé M. L. Janssen, Président de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local et à sa gauche M. E. M. Swend Hogsbro, Ministre des Travaux publics du Danemark et délégué du Gouvernement danois au Congrès. De nombreuses autres autorités, ainsi que les délégués des Gouvernements étrangers au Congrès avaient également pris place à la table d'honneur; parmi ces notabilités, nous citerons

M. Pagani, Syndic de Côme, M. Ciacobbe, représentant le Préfet empêché, M. Binda, de la Députation provinciale, M. Esterlé, Président de l'Association italienne de Tramways, M. Confaloneri, Directeur de la Société de navigation sur le Lac de Côme, etc., etc.

A l'heure des toasts, M. Campigilo, au nom des deux associations italiennes, salue ses invités et montre, dans un éloquent discours, la grande autorité que l'Union internationale s'est acquise auprès des Autorités gouvernementales des différentes nations; il termine en levant son verre à la prospérité de l'Union internationale.

M. L. Janssen, Président de l'Union internationale répond au discours de M. Campigilo par l'allocution suivante :

« L'on a souvent observé, Messieurs, et je le disais hier encore, combien est grande la quantité des ingénieurs-électriciens italiens répandue de par le monde et quelle part considérable l'Italie peut revendiquer dans les origines, les progrès et le développement de l'électrotechnique.

L'on s'est souvent demandé aussi à quoi pouvait tenir cette disposition, cette aptitude spéciale de l'Italien pour ce qui touche le domaine des sciences électriques.

A la vérité, vous avez tous quelque chose d'électrique dans le tempérament où couve le feu, — le feu sacré qui enfante des Michel-Ange, des Raphaël, des Léonard de Vinci, des Dante, et produit aussi des Volta, des Galvani; plus tard l'on dira : des Matteucci, des Ferraris, des Marconi, quand le temps aura fait son œuvre et donné à notre époque son recul, qui fait voir à distance et permet de mieux juger les hommes et les choses.

Peut-être aussi, dans les profondeurs de vos Alpes quelque mystérieuse accumulation de gigantesques masses aimantées est-elle en cause et diffuse-t-elle cette propension particulière dans les cerveaux de vos ingénieurs ?

Je ne sais.

Mais ce que je sais et ce à quoi je crois, c'est à l'existence en Italie de gisements d'aimants d'une extraordinaire puissance, aimants d'une nature bien spéciale, bien particulière, aimants d'une génération métaphysique et se propageant dans l'éther moral, frappant les cœurs par delà les hautes cîmes et les chaînes abruptes, telle la docile et invisible puissance qui fait exploser au loin la mine cachée sous les flots !

Ces aimants-là, Messieurs, c'est en vous que vous les portez et c'est dans nos cœurs, c'est en nous, que leurs effluves exercent leur puissance attractive et charmeresse.

Il y a, dans tout cela, des relations de cause à effet que je ne chercherai pas à définir : Lombroso lui-même y perdrait son latin.

Ce que j'éprouve et ce qu'éprouvent tous nos collègues dont je me fais l'interprète, c'est un irrésistible mouvement d'attraction et de sympathie vers vous tous, de profonde reconnaissance pour vos gracieusetés incessantes, de vive gratitude pour l'accueil que vous faites à vos confrères.

Tout cela, Messieurs, nous en avons bien le pressentiment.

Les applaudissements qui ont éclaté quand l'on a proposé Milan pour notre Congrès de 1906, n'étaient pas seulement provoqués par le souvenir de la somptueuse réception que vous avez, jadis, déjà faite à l'Union internationale. Nous savions bien, Messieurs, que votre renom d'hospitalité, de gracieuseté et d'amabilité n'était pas en vain répandu dans l'univers.

Mais, dans ce que vous avez réalisé pour nous, vous avez dépassé cette réputation, si enviable et si justifiée.

Je vous en remercie de tout cœur, Messieurs, et je lève mon verre à la gloire de l'Italie, à la prospérité de vos deux Associations et aux sentiments de confraternité dont les fêtes de Milan resserreront si étroitement, entre vous et nous, les liens désormais indissolubles. »

De chaleureux applaudissements soulignent l'allocution du président de l'Union internationale.

Après de nombreux autres toasts, l'heure du départ est donnée et les Congressistes se rendent à la gare pour reprendre leur train spécial qui, après cette belle excursion, que nombreux trouvèrent trop courte, les ramène à Milan.

\* \* \*

Une visite à la célèbre Chartreuse de Pavie avait été organisée pour l'après-midi du jeudi 20 Septembre. Les Congressistes et les dames se réunissent vers 1 1/2 heure à la Porta Ticinese pour y prendre un train spécial organisé par la Compagnie du Chemin de fer du Tessin. Les excursionnistes arrivent bientôt à la Certosa et visitent, par petits groupes, les richesses que renferme la merveilleuse Chartreuse de Pavie.

Des tables-buffets avaient été disposées en plein air auprès de la Chartreuse et les invités, groupés dans un charmant désordre ou attablés auprès des buffets, passèrent une heure charmante dans une cordiale entente qui resserra davantage les liens déjà formés entre eux.

\* \* \*

Le vendredi 21 septembre, plusieurs voitures richement pavoisées du Tramway de Milan-Monza, prennent les Congressistes à la Place du Dôme pour les emmener à Monza, résidence d'été de la Famille royale. Au point terminus de la ligne de tramways, de très nombreux landaus attendent les excursionnistes pour leur montrer toutes les beautés de l'immense parc de Monza.

La Société Générale Edison, la Société des Tramways interprovinciaux de Milan-Bergame-Crémone, la Lombardy Railroad Company, la Société du Tramway Monza-Trezzo-Bergamo et la Société du Tramway de Monza-Barzano, compagnies dont les lignes aboutissent à Monza, avaient tenu à offrir aux touristes un lunch complet qui, après la promenade en voiture, laquelle avait aiguisé les appétits, fut bientôt pris d'assaut.

Ce ne fut qu'avec peine que l'heure du départ put être donnée et les excursionnistes rentrent à Milan enchantés de cette superbe excursion, par le tramway à vapeur appartenant à la Lombardy Road Railways Cy.

\* \* \*

Deux excursions avaient été projetées pour la journée du samedi 22 septembre; l'une vers la Morbegno et Sondrio pour la visite des installations du Chemin de fer de la Haute Valteline, l'autre vers Bergame et S. Pellegrino.

Les excursionnistes du premier groupe quittent Milan vers 7 heures du matin par un train spécial offert par l'Administration des Chemins de fer italiens et arrivent à Morbegno vers 9 heures, où ils sont reçus par M. Gaviraghi, Directeur du Chemin de fer de la Valteline. Sous la conduite de l'aimable directeur, les excursionnistes visitent les très intéressantes installations du Chemin de fer de la Valteline, installations qui ont déjà été maintes fois décrites dans les revues techniques.

Vers 11 heures, les Congressistes reprennent leur train spécial pour assister à Sondrio au déjeuner qui leur était offert par l'Administration des Travaux publics. La meilleure cordialité ne cesse de régner pendant ce déjeuner et ce n'est qu'à regret que les excursionnistes reprennent le train qui les ramène à Milan.

Les excursionnistes du second groupe se rendent également par train spécial à Bergame où ils sont reçus par M. le Comte Suardi, Syndic de la Ville de Bergame et MM. Bononi et Tacchi, respectivement Président de la Députation provinciale et Président de la Chambre de commerce. Après une légère collation offerte par la Municipalité dans un hôtel des environs de la gare, les excursionnistes se rendent les uns en voiture, les autres en funiculaire à la Ville haute, pittoresquement assise sur des collines. Sous la conduite du Syndic de la Ville, les touristes visitent les principaux monuments de la vieille ville, notamment l'église S. Marie Maggiore, la chapelle Colleoni et l'intéressante et riche bibliothèque du Broletto.

Vers onze heures les touristes se rendent à la gare du Val Brenbano où les attend un train spécial offert par la Société du Chemin de fer du Val Brenbano, train qui les conduit à S. Pellegrino. Dans cette charmante localité renommée par ses eaux minérales, un superbe déjeuner fut offert au Grand Hôtel aux membres de l'Union internationale par le Chemin de fer du Val Brenbano, le Chemin de fer de Val Seriana, les Tramways interprovinciaux de Milan-Bergame-Cremone, le Tramway Monza-Trezzo-Bergame et le Tramway Bergame-Trescore-Sarnico.

Après que M. le Président de l'Union internationale eut remercié les organisateurs de cette charmante fête, un groupe d'excursionnistes se rendent à S. Giovanni Bianco pour assister à quelques essais de traction électrique monophasée au moyen d'une locomotive Westinghouse. La pittoresque ligne du Val Brembana avait en effet fait choix du système monophasé Westinghouse pour la traction de ses trains, mais l'installation n'était pas complètement terminée à l'époque du Congrès; c'est ainsi que les excursionnistes ne purent assister qu'à des essais sur un tronçon de ligne à S. Giovanni Bianco.

Après ces essais très intéressants, l'on monte dans le train pour regagner Bergame et de là Milan.

A 8 heures, tout le monde se retrouve à l'Exposition permanente des Beaux-Arts, pour assister au banquet offert par la Ville de Milan à l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local.

Dans les vastes salons de l'Exposition permanente des Beaux-Arts, splendidement décorés et merveilleusement éclairés, plus de 300 convives étaient réunis. Le menu était exquis et les vins de premier choix. Cette fête magnifique clôturait brillamment la série des réceptions offertes aux membres du Congrès de Milan.

A l'heure des toasts, M. l'avocat Della Porta, Assesseur de la Ville de Milan, remplaçant M. le Syndic empêché, lève d'abord son verre à la santé des chefs des nations représentées au Congrès. Souhaitant ensuite, au nom de la Municipalité, la bienvenue à ses invités, il fait remarquer l'importance qu'attache la Ville de Milan aux lignes de tramways. Dans un discours éloquent, il rappelle l'importance économique qu'a apportée dans la vie d'activité incessante de notre époque, l'application de l'électricité à la traction des tramways. Les moyens rapides de communication, ajoute-t-il, par l'économie de temps qu'ils apportent, augmentent le rendement du travail et la force de production de l'humanité. Les tramways et les chemins de fer d'intérêt local en accélérant et en facilitant les communications, sont appelés à rendre les plus grands services aux centres industriels; ils permettent à l'industrie agricole de rapprocher les centres de production des centres de consommation; ils permettent de plus, à la population des villes, de s'épanouir dans les faubourgs, donnant ainsi aux différentes classes de la société, une amélioration sensible de la vie de famille et du bien-être de l'individu.

M. Della Porta termine son éloquent discours en vidant son verre au développement de l'Union internationale.

Ce discours est souvent interrompu par les applaudissements de l'assemblée.

M. L. Janssen, Président de l'Union internationale, se lève ensuite et prononce l'allocution suivante :

MESDAMES, MESSIEURS,

Notre association se souvient avec bonheur de la réception qui lui faite à Milan, en 1889, lorsqu'elle vint y tenir sa quatrième assemblée générale.

Votre extrême gracieuseté, Messieurs, a voulu que notre Congrès de 1906 fût fêté plus brillamment encore et depuis que nous avons débarqué dans votre magnifique cité, nous sommes chaque jour l'objet de manifestations nouvelles de votre hospitalière générosité et de vos attentions les plus délicates.

Aujourd'hui, la Municipalité de Milan nous fait l'insigne honneur de nous recevoir officiellement, comme si elle voulait consacrer, en nous conférant une sorte de droit de cité, le sentiment que nous éprouvons tous, d'être un peu comme « chez nous » ici.

C'est bien, je pense, le meilleur éloge qui se puisse faire de l'accueil que nous avons trouvés chez vous : votre hospitalité s'est manifestée sous des formes si diverses et toujours si gracieuses ; votre exquise bienveillance s'est si ingénieusement montrée sous cent aspects divers et tous également charmants, que véritablement, nous nous sentons ici « chez nous » et nous ne souhaiterons qu'une chose : y rester !

Mais, hélas, tout a une fin et nous voici au bout des festivités que votre galanterie nous a prodiguées et dont notre cœur et notre mémoire enregistrent le souvenir avec cette émotion profonde qui fait la durée des choses de l'esprit.

Nous avons admiré, Messieurs, et admiré en connaissance de cause, l'organisation si parfaite de votre service de tramways et celle des chemins de fer d'intérêt local qui sillonnent vos provinces.

Bien souvent, votre exemple est cité à ce propos et je saisis l'occasion qui s'offre, pour vous exprimer au nom de tous mes collègues, nos plus chaudes et plus vives félicitations.

Les lignes internationales de chemins de fer ont profondément modifié le régime économique du monde. Les chemins de fer d'intérêt local et les tramways modifient, eux aussi, les conditions d'existence dans les cités et leur banlieue, et les développements incessants des villes ont, pour facteur primordial, les réseaux ferrés qui les desservent. Grâce à ceux-ci, les habitations s'élèvent, s'étendent et s'espacent au plus grand bénéfice de la richesse communale, du bien-être et de l'hygiène des citoyens.

C'est ce qu'admirablement votre administration a compris, Messieurs, en assurant au vaste réseau des lignes qui se développent dans Milan, cette régularité, cette précision de services, ce confort, ce soin du matériel et cette organisation générale que, tous, nous avons admirés.

Nous emportons de Milan et de chacun de vous le souvenir le plus enchanté. Encore une fois, merci de tout cœur de la superbe réception que vous nous avez faite.

L'on ne peut être généreux avec plus de gracieuseté, hospitalier avec plus de somptuosité et de charme à la fois, attentif avec plus de sollicitude, italien, en un mot, avec plus d'amabilité, d'esprit et de cordialité que vous ne l'avez été pour nous.

Je bois, Messieurs, à la Ville de Milan ; je bois à la grandeur, à la prospérité et au développement toujours croissant de cette admirable cité.

Le discours du Président de l'Union internationale est souvent interrompu par les chaleureux applaudissements des convives.

De nombreux autres toasts sont encore portés, parmi lesquels nous citerons celui de M. Koehler, Directeur des Tramways de Berlin aux membres du Comité de réception et celui de M. Thelemann, Assesseur de la Municipalité de Dusseldorf et Directeur des Tramways municipaux de cette ville, aux nombreuses dames présentes au banquet.

A minuit, cette fête superbe qui couronnait si bien les réceptions officielles, prenait fin au milieu d'une cordialité et des regrets de tous en présence de l'heure trop tôt venue de la séparation.

\*  
\* \*

Ainsi finit le Congrès de Milan qui, grâce à la belle organisation du Comité local, fut très réussi et aura une place prépondérante dans les annales de l'Union internationale.

Le soleil avait, lui aussi, voulu concourir au succès du Congrès de Milan, en gratifiant les Congressistes d'un temps superbe pendant tout leur séjour en Italie; il ne fit défaut que lors de l'excursion sur le Lac Majeur.



# RAPPORT

de **M. E. A. ZIFFER**, Ingénieur civil, Président du Conseil d'administration des chemins de fer d'intérêt local de la Bukowine, Vienne,

sur la question suivante :

**Importance économique des usines génératrices et moteurs à gaz pauvre dans les installations de tramways et de chemins de fer d'intérêt local.**

---

Le Comité de direction de l'Union Internationale a bien voulu me charger de présenter au Congrès de Milan une étude sur l'importance économique des installations à gaz pauvre dans l'exploitation des tramways et des chemins de fer d'intérêt local.

Nous nous bornerons surtout, dans notre présente communication, à examiner, à côté des avantages de ce mode économique de production de la force motrice, son utilisation dans les réseaux de traction électrique.

D'une manière générale, il faut entendre par gazogènes, des appareils où se produit d'une façon continue, un gaz combustible par insufflage ou aspiration de l'air et de la vapeur d'eau à travers une couche de combustible incandescent.

Le gazogène est au moteur à gaz, ce que la chaudière est à la machine à vapeur. La différence théorique est que, dans la chaudière à vapeur, le combustible : charbon, coke, bois, pétrole, etc., est complètement brûlé, tandis que dans le gazogène, il est simplement gazéifié, la combustion réelle ne se produisant que dans le cylindre du moteur.

Le gazogène combiné au moteur à gaz, est ainsi appelé à remplacer les chaudières à vapeur ; il présente d'ailleurs sur les machines à vapeur des avantages particuliers, surtout au point de vue des dépenses d'exploitation.

On distingue :

a) les gazogènes à pression ou à gaz mixte (à eau et à air), dans lesquels le gaz combustible et la vapeur d'eau sont insufflés dans le générateur par un injecteur à vapeur ou un ventilateur tournant, sous une faible pression correspondant aux résistances du générateur et des appareils de lavage. Ce premier type, le plus ancien, qui s'est répandu depuis une dizaine d'années, présente l'inconvénient d'exiger une

chaudière à vapeur spéciale; en outre, il occupe toujours un espace relativement grand par suite de la présence d'un gazomètre; enfin, la mise en marche de l'appareil et du moteur est plus difficile que celle des générateurs modernes; par contre, il permet l'emploi d'une plus grande variété de combustibles. En général, il trouve surtout son emploi dans les installations de plus de 200 chevaux.

b) les gazogènes à aspiration, dans lesquels la machine motrice même aspire le gaz hors de l'appareil, l'amenée du mélange d'air comburant et de la vapeur d'eau étant alors obtenue par suite de la dépression produite.

c) Les gazogènes à aspiration et à pression combinées dans lesquels le gaz est d'un côté aspiré du gazogène et des appareils de lavage par un ventilateur tournant, d'un autre y amené sous pression. Cette catégorie de gazogènes réunit les avantages des gazogènes à pression et des gazogènes à aspiration.

Nous ne considérerons dans notre étude que les gazogènes à aspiration qui, non seulement sont d'une installation plus économique par suite de l'absence de chaudière à vapeur et de régulateur de gaz ou de gazomètre, mais qui en outre occupent moins de place, marchent sans bruit et peuvent, moyennant quelques précautions, fonctionner sans danger aucun, dans des bâtiments ou locaux habités, dans des caves, etc., sans qu'il en résulte, ni gêne pour le voisinage ou le personnel, ni mauvaises odeurs.

De plus, les gazogènes à aspiration ne sont pas soumis à la vérification périodique, ni à l'essai officiel prescrits par les règlements pour les chaudières à vapeur.

Il y a une dizaine d'années à peine, peu nombreuses étaient encore les usines qui utilisaient les moteurs à gaz; encore s'agissait-il ici d'installations de faible puissance. Les installations hydrauliques exceptées, la vapeur était alors seule employée pour la production de la force motrice. Les premiers essais d'appareils à gaz furent peu satisfaisants, les grands moteurs à gaz présentant de graves et nombreux inconvénients et ne répondant pas à tous les desiderata.

Au début, le gaz d'éclairage seul était employé; quelques rares stations électriques isolées seulement, possédaient de petits moteurs à benzine ou à pétrole.

Ce n'est que dans les toutes dernières années que les moteurs à gaz furent appréciés comme producteurs de force motrice, grâce au perfectionnement des gazogènes en général et surtout des gazogènes à aspiration, et grâce aussi à l'emploi des gaz de hauts fourneaux et de fours à coke.

L'ingénieur anglais Dowson construisit l'un des premiers en 1879 un petit gazogène à soufflage adapté spécialement à l'alimentation de moteurs à gaz pauvre et provoqua ainsi le développement de ces appareils.

En Allemagne, une installation de ce genre fut montée, pour la première fois, en 1886, par la Fabrique des moteurs à gaz Deutz, à Cologne-Deutz (1). En 1900, on pouvait voir à l'Exposition universelle de Paris, un appareil à aspiration de Taylor, dont les bons résultats obtenus en 1901 et 1902, contribuèrent beaucoup à répandre ce genre d'installation.

Nous ne pouvons aborder ici l'étude théorique des gazogènes à aspiration, ni examiner leur fonctionnement tant au point de vue chimique que mécanique depuis la production du gaz dans le générateur jusqu'à la production de la force dans le moteur. Nous nous abstenons également de décrire la construction ou les détails d'exécution des anciens et nouveaux types: ces différents points sont d'ailleurs traités abondamment dans des ouvrages spéciaux déjà très nombreux et dont quelques-uns sont indiqués ci-après.

---

(1) Voir description des installations de gazogènes à aspiration et les installations à aspiration n° 0111b (6 à 69 chev.), les générateurs doubles n° V et les installations pour gazogènes à lignite de la fabrique de moteur à gaz de Deutz (Cologne-Deutz); brochures n° 432, 437, 441, 453 et 455.



Le questionnaire qui a été adressé aux membres de l'Association, a été répondu par 43 entreprises de tramways ou usines; parmi celles-ci, 21 ont déclaré ne pas employer d'installations à gaz pauvre; d'appareils à aspiration; les 22 autres exploitations se sont référées à des brochures connues donnant la description de telles installations; elles ne présentent cependant rien de spécial.

Nous nous sommes donc contenté de donner dans une deuxième annexe, après la rubrique « Bibliographie », la nomenclature des exploitations de tramways dont les moteurs sont alimentés par gazogènes; les membres de l'Association que ces installations intéresseraient particulièrement, pourront ainsi s'y renseigner.

On obtient le gaz pour moteur, gaz de gazogène, gaz mixte, gaz Dowson, gaz pauvre, etc., par gazéification de combustibles bitumineux, tels qu'anthracite, coke (de gaz et de four), poussier de coke, charbon de terre, lignite, briquettes de lignite, charbon de bois, tourbe, dépôts des chambres de fumée, tourteaux d'huileries, sciure de bois, copeaux, etc.; les quatre derniers combustibles exigent cependant des gazogènes spéciaux, afin de pouvoir enlever le goudron qui se forme ou du moins afin d'empêcher ce corps de nuire au fonctionnement.

Le gaz de gazogène normal (et aussi le gaz d'aspiration) comporte la composition volumétrique suivante, qui peut varier dans certaines limites, suivant la qualité du combustible :

Acide carbonique CO <sup>2</sup> en %	5 à 7 volumes
Oxyde de carbone CO en %	20 à 26 volumes
Hydrogène H en %	17 à 20 volumes
Azote N en %	47 à 53 volumes
Hydrocarbures C <sup>m</sup> H <sup>n</sup> en %	1 à 3 volumes

Le combustible, selon sa qualité, donne par kilogramme de 4,5 à 5 m<sup>3</sup> d'un gaz de 1100 à 1350 calories par m<sup>3</sup>; le gaz ainsi produit réclame en général l'insufflage de 1 à 2 kg. de vapeur d'eau.

Le rendement du combustible dans de bons gazogènes est en moyenne de 80 %; le rendement calorifique est, d'après des renseignements fournis par Dowson dans une conférence faite à Birmingham, de 30 %, et le rendement du gazogène de 90 %, alors que ces mêmes rendements ne sont que de 15 % et 70 % pour les installations à vapeur. La capacité calorifique du gaz est de 160 calories anglaises pour 1000 pieds cubes et les frais de production pour la même installation varient de 16 à 26 centimes. Les appareils exigent peu d'entretien et consomment en moyenne 0.05 m<sup>3</sup> de combustible par cheval utile. En supposant le prix de l'anthracite à 22,50 frs. la tonne, il en résulterait un coût du kilowatt-heure d'environ 5 à 6 centimes.

Les dépenses annuelles d'exploitation pour des installations de force motrice de différents types de 25 et 100 chevaux, sont données dans le tableau ci-dessous :

	25 chevaux		100 chevaux	
	Francs	%	Francs	%
<i>Electromoteur</i> ; prix du courant 10 centimes par kilowatt; rendement, 98 %; intérêt et amortissement, 7,5 % . . . . .	5244	100	20 846	100
<i>Machine à vapeur à grande vitesse</i> : 2,25 kg. de charbon par cheval heure; charbon à 15 fr. la tonne; 18 litres d'eau par cheval heure à 20 centimes les 1000 litres; salaires: 19 fr. par semaine; intérêt et amortissement 10 % . . . . .	4334	82,7	12 434	59,6

	25 chevaux		100 chevaux	
	Francs	%	Francs	%
<i>Moteur à gaz</i> : 0,46 m <sup>3</sup> de gaz d'éclairage par cheval heure à 9,3 centimes par m <sup>3</sup> ; intérêt et amortissement. . . . .	3467	66,1	11 598	55,6
<i>Moteur de gaz pauvre (gaz de Dowson)</i> : 0,45 kg. charbon par cheval heure à 25 fr. la tonne; eau, 3,41 l. par cheval heure à 20 centimes le m <sup>3</sup> ; salaires, fr. 6.30 par semaine; intérêt et amortissement à 10 % . . .	1736	33,1	5968	28,6

Il résulte de ce qui précède que les dépenses annuelles d'exploitation pour des installations de moteurs à gaz pauvre, représentent pour 25 chevaux 33,1 % et pour 100 chevaux 28,6 %, des dépenses d'exploitation par électromoteurs (1).

Les avantages des installations à gaz pauvre sont : moindre consommation en combustible; simplicité de service; utilisation complète du combustible sans aucune perte; vidange facile en pleine marche; grande élasticité de fonctionnement; grande puissance calorifique; régularité de composition du gaz; enfin, ceci surtout pour la production de la force motrice, économie de plus de 40 % des moteurs à gaz par rapport aux meilleures machines à vapeur.

Ces avantages, de même aussi que les grands progrès réalisés dans la combustion des gazogènes et des moteurs à gaz, qu'il n'est plus rare aujourd'hui de voir construire à plus de 1000 chevaux, ont conduit, dans maintes stations centrales d'électricité, à substituer ce nouveau mode de production d'énergie aux anciennes machines à vapeur.

La question de la production de l'énergie par le gaz pauvre mérite un examen plus étendu et nous serions heureux si notre communication pouvait être le point de départ d'une étude plus complète.

Avant de terminer, nous citerons encore comme moteur à combustion le moteur Diesel qui a été particulièrement perfectionné dans les dernières années et qui, par suite de l'emploi de combustibles liquides de peu de valeur, tels que naphte brut ou résidus de pétrole, alcool à l'état brut, présente notamment pour les stations électriques, une grande importance; le moteur Diesel est d'ailleurs, au point de vue économique, supérieur à toutes les machines thermiques, en ce qui concerne la transformation de l'énergie calorifique du combustible brut en travail mécanique (2).

Le moteur Diesel est toujours prêt à fonctionner; il n'a pas de chaudière; la consommation de combustible y est nulle à l'état de repos; il prend peu de place, n'est pas soumis à autorisation spéciale et peut se placer dans des locaux habités, car il est sans danger et présente toute sécurité au point de vue de l'incendie; sa marche est sûre; son entretien facile; il est durable, ne gêne ni par les odeurs, ni par la fumée, ni par le bruit, n'a pas d'appareil d'allumage, ni de fusion interne;

(1) Ueber Gaskraftanlagen mit Generatorgasbetrieb (*Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau*. Vienne, année XXIV, fasc. 3, 1906. p. 56.

(2) « Versuche an Dieselmotoren », *Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt*. Munich, livr. 23, anno 1906, p. 243.

son fonctionnement est propre; sa perfection lui donne une grande importance économique. Les dépenses de combustibles par cheval y sont de 2,4 centimes (1).

Les appareils examinés ici se répandent de plus en plus et méritent par leur perfection et leur construction une attention toute spéciale car ils donnent actuellement, avec le moteur Diesel notamment, le mode de production d'énergie incontestablement la moins coûteuse.

E. A. ZIFFER.

Vienne, juin 1906.

---

## BIBLIOGRAPHIE

---

« Les moteurs à gaz pauvre », par A. ABRAHAM, *Revue technique*, N° 1, 1904, p. 18-292, Paris.

« Moteurs à gaz Westinghouse », *Revue technique*, T. XXIII, N° 5, p. 65, 1902.

« Nouveau type de gazogène, système « Forster », *Génie Civil*, T. XXXIX, N° 23, 1901, p. 371.

« Rendement comparé des machines à vapeur et des moteurs à gaz », par Aimé WITZ, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille. *Eclairage Electrique*, T. XXX, 1902, N° 1 et 2, pages 5 et 41.

« Fonctionnement comparé des machines à vapeur et des moteurs à gaz », par le même. *Eclairage Electrique*, T. XXXI, 1902, N° 21, p. 269 et 315.

« Les gaz combustibles et les moteurs à gaz. Etudes sur divers gaz combustibles », par Alexandre LENAUCHEZ, Ingénieur à Paris. Saint-Etienne, 1905 et Paris, 1902.

« *Mitteilungen des Vereins für die Förderung des Lokal- und Strassenbahnwesens* », Livraison 8, 1902, p. 373; Livraison 2, 1902, p. 65; livraison 12, 1905, p. 504; livraison 3, 1906, p. 65, Vienne.

« Ueber Gaskraftanlagen », *Zeitschrift für Elektrotechnik u. Maschinenbau*, livraison 3, 1906, p. 56, Vienne.

« Gasmotoren mit Sauggasbetrieb », même revue, livraison 3, 1906, p. 58.

« Gasmaschinen und Kraftgaserzeuger unter besonderer Berücksichtigung ihrer Bedeutung für den Betrieb elektrischer Zentralen und Einzelanlagen », par Otto HOFFMANN, Ingénieur. Même revue, livraison 6, 1906, p. 113.

« Ueber Gasmaschinen », par le Dr Ing. Alfred MENZEL. Même revue, livraisons 22, 23 et 24, pages 451, 469 et 492, 1906.

---

(1) « Ein 500 PS Dieselmotor » *Elektrotechnik und Maschinenbau*, livr. 3, anno 1906, p. 57. — « Mitteilungen über den Dieselmotor » *Schweizerische Bauzeitung*, vol. XLIV, n° 22, anno 1904. — « Der heutige Stand der Wärmekraftmaschinen und die Frage der flüssigen Brennstoffe unter Berücksichtigung des Dieselmotors », par RUDOLF DIESEL, Munich. *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure*, livr. 38, anno 1903. — « Ein Elektrizitätswerk mit Dieselmotoren », par C. BOCEALI. *Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins für Kraft-, Heiz- und Lichtanlagen*, anno 1903, n° 16.

« Vorschriften über Sauggasmotoren in Preussen », *Oesterreichische Wochenschrift für den öffentl. Baudienst*, livraison 42, 1904, p. 723, Vienne.

« Verbrennungsmotoren und Kraftgaserzeuger », par Johann TROVSKY, Ingénieur en chef I. R. au Ministère de l'Intérieur, même revue, livraison 44, 1903, p. 695.

« Sauggasanlage für Beleuchtungszwecke und Kraftzwecke in der Stadt Newton N. J., même revue, livraison 18, 1906, p. 280.

« Sauggaserzeuger für teerbildende Brennstoffe und für kleinstückige Koksabfälle », *Stahl u. Eisen* N° 13, 1906, p. 796.

« Erlass des k. k. Ministeriums des Innern im Einvernehmen mit dem Handelsministerium vom 2. Dezember 1903, Z. 33991, betr. das Vorgehen bei der gewerbsbehördlichen Genehmigung von Sauggasgenerator-Anlagen », même revue, livraison 51, 1903, p. 859.

« Grossgasmaschinen und deren Verwendung in elektrischen Anlagen », par A. SIMON, Nuremberg. *Elektrotechnischer Anzeiger*, Berlin, N° 80, p. 2737 à 2982.

« Generatorgasanlagen für den Betrieb von Elektrizitätswerken », conférence donnée par Fr. Ross. *Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins*, N° 33, 1902, p. 549, Vienne.

« Kraftanlagen mit Sauggasbetrieb », par le Conseiller de Régence RUBRICUS. Même revue, N° 35, 1905, p. 498.

« Der Sauggaserzeuger von Güldner », *Elektrotechnik und Maschinenbau*, volume XXIV. Livraison 19, 1906, p. 590, Vienne.

« Der gegenwärtige Stand der Sauggasmotorfrage in Bayern », par Karl HAUSER, *Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt*, N° 28, 1906, p. 291, Munich.

« Die Verwendung von Holzabfällen zur Erzeugung von Kraftgas », *Zeitschrift für Dampfkessel- und Maschinenbetrieb*, 16 mai 1906, Vienne.

« Design and operation of the suction gas producer a economical method of power generation in small », by Rodolphe Mathat, *The Engineering Magazine*.

« Gas Engine at the Glasgow Exhibition », constructed by the forward Engineering Co Ltd., Birmingham. Vol. LXXII, N° 1867, 1901, p. 517.

« Power », february 1906.

« Producer gas for electric power stations », by Samuel S. WYER, *Cassiers Magazine*, London. Vol. 29, N° 4, 1906, p. 316.

« Wood Gas for power purposes and gas generators », G. M. DOUGLAS, *The Engineering review*, London, Mai 1905, p. 856.

« Power Gas, with special reference to suction Plant », *The Engineering Review*, London, Mai 1905, p. 867.

« Producer Gas Engine Power », *Engineering News*, Vol. LV, N° 20, 1906, p. 537.

« Gas producer for power purposes », by Oscar NAGEL, *Engineering News*, Vol. LV, N° 20, 1906, p. 518.

### Générateurs à gaz pauvre installés dans des usines de force de tramways électriques.

1. Lausanne; 400 chevaux (1),
  2. Orléans; 500 chevaux (2).
  3. Cassel (Allemagne).
  4. Pressbourg et Szalaeyerszag.
  5. Altrahlstadt-Volksdorf près Hambourg.
  6. Scheveningue.
  7. Hôtel des deux Villes, La Haye.
  8. Firme Peck & Cloppembourg, La Haye.
  9. Firme Slokkink & van Lith, Amsterdam.
  10. Watergraafsmeer.
  11. Losduinen près La Haye.
  12. Walthamston près Londres.
  13. Brighton Beach Tramways.
  14. Zurich-Oerlikon-Seebach.
  15. Barcelone-San Andrés et Extensions (800 chevaux).
  16. Zürichbergbahn à Zurich.
  17. Tramways de Catane.
  18. Tramways de Halle, Mersebourg.
  19. Poitiers (250 chevaux),
  20. Tunis (600 chevaux),
  21. Saint-Ouen (400 chevaux), Gazo-  
gène Dowson.
  22. Amsterdam.
  23. Nancy (350 chevaux).
  24. Chemin de fer électrique de Mödling-Huntersbrühl.
- } par Fichet et Heurtey, consommation de  
charbon par kilowatt-heure : 0,8 kg.
- } par Fichet & Heurtey, consommation de  
charbon par kilowatt-heure : 0,8 kg.

(1) Principe, fonctionnement et avantages du gazogène « Fichet et Heurtey » à sole tournante et à décrassage automatique.

« Gaz mixte ». Application générale des combustibles gazeux aux chauffages industriels et à la force motrice, Paris.

Emploi des moteurs à gaz pauvre dans les usines génératrices d'électricité et spécialement dans celle de tramways électriques, par Charles Thonet, Ingénieur, Directeur Général de la Société d'Entreprise générale de Travaux, à Liège. *Revue universelle des mines*, etc., t. LI, 1900, p. 221.

Station génératrice à gaz pauvre des tramways électriques de Lausanne. *Le Génie civil*, t. XXXIII, n° 16, 1898, p. 254.

Application du gazogène à sole tournante, Fichet et Heurtey, Force motrice au gaz mixte. Références.

(2) Tramways électriques d'Orléans avec station génératrice à gaz pauvre par Saint-Martin. *Extrait du Bulletin technologique de la Société des amis des Ecoles nationales d'Arts et Métiers*, décembre 1899.

## RÉGLEMENTATION

### relative aux moteurs de traction à courant continu.

Projet de réglementation présenté par MM. G. KAPP, Professeur à l'Université de Birmingham, ancien Secrétaire Général de l'Association allemande des électriciens; G. RASCH, Professeur à l'Ecole polytechnique d'Aix-la-Chapelle; A. BLONDEL, Professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées, Paris; E. d'HOOP, Directeur du service technique à la Société « Les Tramways bruxellois »; C. H. MACLOSKIE, Ingénieur en chef à l>Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft; SWINBURNE, ancien Président de l'Association anglaise des électriciens, et WYSSLING, Professeur à l'Ecole polytechnique de Zurich.

---

#### Prescription générale.

§ 1. — Les prescriptions suivantes devront être observées dans les offres de vente et dans l'exécution éventuelle de celles-ci, à moins qu'elles n'aient été préalablement modifiées par un accord intervenu entre le vendeur et l'acheteur.

#### Définitions.

§ 2. — *Puissance.* — Par puissance mécanique développée par un moteur, ou simplement par puissance d'un moteur, il faut entendre la puissance développée à l'essieu moteur, dans les conditions énoncées ci-dessous (1).

Par puissance permanente d'un moteur, il faut entendre la puissance qui, le courant étant fourni sous la tension normale de service, peut être développée par le dit moteur pendant 10 heures consécutives, sans qu'il en résulte un échauffement exagéré dans le sens indiqué au paragraphe « Echauffement ». (Voir § 6.)

---

(1) Dans certains cas particuliers, il peut y avoir intérêt à déterminer la puissance propre du moteur, à l'exclusion des organes de transmission (engrenages, essieux, etc.). La dénomination « propre » sera dans ce cas ajoutée à chacune des catégories de puissance définies dans le paragraphe « puissance ».

Par puissance normale d'un moteur, il faut entendre la puissance qui, le courant étant fourni sous la tension normale de service, peut être développée par le dit moteur pendant une durée ininterrompue d'une heure, sans qu'il en résulte un échauffement exagéré, dans le sens indiqué au paragraphe « Echauffement ». (Voir § 6.)

Par puissance maximum d'un moteur, il faut entendre la puissance qui, le courant étant fourni sous la tension normale de service, peut être développée pendant cinq minutes consécutives, la production d'étincelles au collecteur étant pratiquement nulle.

§ 3. — *Effort de traction.* — Par effort de traction d'un moteur, il faut entendre la force tangentielle développée dans les conditions prévues ci-dessous dans le paragraphe « Réception », par le moteur considéré, pour un rapport déterminé des engrenages, à la périphérie d'une roue fixée sur l'essieu du diamètre spécifié pour les roues motrices (1).

§ 4. — *Vitesse.* — La vitesse d'un moteur est la vitesse produite à la périphérie des roues motrices pour le rapport des engrenages précité.

§ 5. — *Rendement.* — Il faut entendre par rendement d'un moteur, le rapport entre la puissance mécanique développée par le moteur et la puissance électrique fournie aux bornes du moteur, le courant étant livré sous la tension normale de service.

§ 6. — *Echauffement.* — L'échauffement d'un moteur doit être considéré comme exagéré, lorsque partant d'une température de l'air ambiant supposée égale à 25° C, le moteur atteint après 10 heures de marche à la puissance permanente ou après une heure de marche à la puissance normale, une température finale dépassant celle de l'air ambiant, des valeurs suivantes :

a) pour les enroulements :

isolés au coton . . . . .	70° C.
isolés au papier . . . . .	80° C.
isolés au mica, amiante ou autres substances présentant les mêmes qualités d'isolement et d'incombustibilité . . . . .	100° C.

b) pour les collecteurs . . . . . 80° C.

c) pour les parties métalliques dans lesquelles sont noyés les enroulements, la valeur correspondante à celle indiquée pour les enroulements, suivant la nature de l'isolement utilisé pour ceux-ci.

Lorsque les enroulements sont à isollements combinés, on prendra la limite inférieure.

### Indications.

§ 7. — Dans les offres de vente, on donnera, outre la tension normale de service, les indications suivantes, toutes rapportées à la tension normale de service :

- 1° la puissance permanente du moteur et l'intensité de courant correspondante ;
- 2° la puissance normale du moteur et l'intensité de courant correspondante ;
- 3° la puissance maximum du moteur et l'intensité de courant correspondante ;
- 4° le rendement pour la puissance permanente et le rendement pour la puissance normale, le moteur étant supposé être à la température de 75° C ;
- 5° la nature des matières isolantes ;
- 6° les dimensions d'encombrement du moteur.

---

(1) Dans les cas où il serait envisagé des moteurs sans transmission, l'effort propre de traction sera celui que donnerait un bras de levier de 50 cm., supposé monté sur l'arbre de l'induit.

On indiquera de plus le coefficient de réduction des engrenages et, pour un diamètre déterminé des roues, l'effort de traction et la vitesse pour les puissances permanentes normale et maximum.

On indiquera dans un graphique l'effort de traction, la vitesse et le rendement du moteur en fonction de l'intensité de courant (1).

### **Plaque indicatrice.**

§ 8. — Outre les indications précitées, contenues dans l'offre de vente, chaque moteur comportera une plaque indicatrice de puissance, sur laquelle seront indiquées la tension normale de service, la puissance normale, le nombre total de tours, ainsi que l'intensité de courant correspondante.

### **Construction.**

§ 9. — L'inducteur sera construit sous forme de cuirasse, de manière à éviter les fuites magnétiques. La cuirasse du moteur devra offrir une étanchéité parfaite contre la poussière et l'eau qui, en service, viendraient à être projetées sur la dite cuirasse.

La cuirasse comportera des ouvertures de visite à fermeture hermétique destinée à l'entretien des balais.

Par entretien des balais, il faut comprendre non seulement le remplacement des balais, mais aussi le remplacement des porte-balais.

§ 10. — Les paliers devront être construits de façon à éviter toute introduction d'huile de graissage à l'intérieur du moteur.

§ 11. — Le moteur et notamment le collecteur et les balais devront être construits de façon à ce que, pour une position fixe des balais dans le cas d'une marche dans deux sens, la production d'étincelles soit pratiquement nulle pour n'importe quelle charge dans la limite de la puissance maximum.

§ 12. — L'isolement des enroulements par rapport à la masse devra être tel que, aussitôt après que le moteur aura atteint la température maximum permise, il puisse résister encore pendant cinq minutes à un courant alternatif dont la tension serait le quadruple de la tension de service.

§ 13. — Tous les organes du moteur appelés à être remplacés et en particulier l'induit, les enroulements de l'inducteur, les enroulements sur gabarit de l'induit, les collecteurs, etc., doivent être tout à fait interchangeables, c'est-à-dire que ces organes doivent pouvoir être remplacés sans nécessiter aucun travail ultérieur d'ajustage; le remplacement des induits devra en particulier pouvoir s'opérer sans qu'il soit nécessaire d'éloigner les porte-balais.

### **Essais de réception des moteurs.**

§ 14. — La réception des moteurs aura lieu avant leur mise en place; cet examen portera non seulement sur les conditions générales d'une bonne fabrication et d'une bonne construction, mais spécialement sur la détermination de la puissance, de l'effort de traction, de la vitesse, du rendement et de l'échauffement.

---

(1) Il peut, dans certains cas, être désirable de connaître les lois d'échauffement et de refroidissement du moteur à la puissance normale et subsidiairement à d'autres puissances, aussi bien pour l'induit que pour les inducteurs, le moteur étant fermé et au repos.



A) *Détermination de la puissance mécanique.*

§ 15. — La puissance mécanique du moteur pourra se déterminer soit au moyen du frein dynamométrique, soit en accouplant directement à l'essieu moteur une dynamo préalablement tarée et dont les rendements sont connus pour chaque régime. Cette dynamo ne pourra pas être remplacée par un moteur de traction analogue à celui éprouvé et actionné par son engrenage.

B) *Appréciation de la puissance des moteurs par la mesure de l'élévation de température.*

§ 16. — La puissance des moteurs se déterminera, par définition, par la mesure de l'élévation de température.

§ 17. — Il ne sera pas permis d'enlever, d'ouvrir ou de modifier essentiellement les enveloppes, couvercles, capotes, etc., prévus pour le système régulier des moteurs; de même, on ne pourra remplacer artificiellement dans l'essai, le courant d'air créé par le déplacement de la voiture.

§ 18. — La température ambiante sera relevée dans chacun des courants d'air existants; si aucun courant d'air prédominant ne se faisait sentir, on relèvera la température moyenne de l'air environnant le moteur, à hauteur du milieu de celui-ci, et dans les deux cas à environ un mètre de distance du moteur. La température ambiante sera prise à intervalles réguliers pendant le dernier quart d'heure d'essai; on en prendra la moyenne.

§ 19. — Dans le cas où, pour la mesure des températures, l'on se servirait d'un thermomètre, il faudra faire en sorte d'obtenir une conduction de la chaleur aussi parfaite que possible, entre le thermomètre et la partie du moteur dont on désire relever la température, par exemple au moyen d'une enveloppe en papier d'étain.

Afin d'éviter la dispersion de la chaleur, le réservoir thermométrique et les parties à mesurer seront recouverts par des substances mauvaises conductrices de la chaleur (déchets de laine sèche ou similaires).

La lecture du thermomètre ne sera pas faite avant que celui-ci ait cessé de monter.

§ 20. — On relèvera, au moyen du thermomètre, l'élévation de température de tous les organes du moteur, sauf l'élévation de température des bobines inductrices.

On relèvera autant que possible les points de plus haute température; ceux-ci serviront à déterminer la surélévation de température.

§ 21. — La température des bobines inductrices sera déterminée par la méthode des résistances.

Si le coefficient de température du cuivre n'avait pas été déterminé préalablement, on admettra pour ce coefficient la valeur de 0,004.

C) *Détermination du rendement des moteurs.*

§ 22. — Pour déterminer le rendement d'un moteur seul et avec son train d'engrenage, on pourra employer la méthode du frein, en calant celui-ci dans le premier cas sur l'arbre du moteur, dans le second cas sur un faux essieu analogue à l'essieu de la voiture.

On pourra également, avec les précautions nécessaires, recourir aux méthodes purement électriques indiquées dans les paragraphes suivants.

§ 23. — Le rendement combiné des moteurs et des transmissions d'attaque se déterminera pratiquement d'après l'une des deux méthodes suivantes (1) :

---

(1) Les méthodes décrites ci-dessus ne sont pas théoriquement exactes, par suite des différences d'attaque des deux parties du système; l'erreur ainsi commise reste cependant dans les limites des erreurs permises, dès que le système de transmission est à faible réduction.

A) Deux des moteurs à essayer seront accouplés mécaniquement par un faux essieu portant un organe de transmission semblable à celui à monter sur l'essieu de la voiture; ce faux essieu sera attaqué par les deux pignons des induits des moteurs à essayer.

Un des moteurs travaillera comme moteur et absorbera pour une tension E égale à la tension normale à laquelle le moteur sera soumis en service, une énergie EI correspondant à la puissance normale des moteurs; l'autre moteur travaillera comme générateur et débitera une énergie EI'. L'énergie absorbée et l'énergie développée ayant été mesurées, le rendement d'un moteur et de sa transmission sera

$$\eta = \sqrt{\frac{EI'}{EI}}.$$

Comme contrôle, il est recommandé de mesurer l'énergie Ei fournie au système : on a en effet  $Ei = EI - EI'$  ou  $i = I - I'$ .

B) Deux des moteurs à essayer seront accouplés mécaniquement par un faux essieu portant un organe de transmission semblable à celui à monter sur l'essieu de la voiture; ce faux essieu sera attaqué par les deux pignons des induits des moteurs à essayer.

Un des moteurs travaillera comme moteur et l'autre comme générateur; ils seront accouplés électriquement entre eux de façon à n'exiger comme énergie extérieure qu'une énergie électrique P suffisante pour couvrir les pertes. Si l'on désigne par  $P_1$  l'énergie totale fournie au moteur et par  $P_2$  l'énergie totale développée par le générateur, on aura  $P = P_1 - P_2$  et le rendement d'un moteur avec son train

$$\text{d'engrenage sera } \eta = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}.$$

Les énergies  $P_1$  et  $P_2$  seront mesurées directement et électriquement.

Comme contrôle, il est recommandé de mesurer également directement l'énergie P fournie au système pour couvrir les pertes.

§ 24. — Dans le cas où l'on aurait à déterminer le rendement de moteurs destinés à être calés directement sur l'essieu de la voiture, les méthodes précédentes pourront également être appliquées; il suffira d'accoupler directement les induits de deux moteurs.



# RAPPORT

de M. G. RASCH, Professeur à l'École Polytechnique  
d'Aix-la-Chapelle

sur la question suivante :

**Avantages et inconvénients dans les réseaux importants de tramways, du système d'alimentation par zones isolées ou non isolées, comparé au système d'alimentation sans aucun sectionnement.**

Cette question, que l'on pourrait peut-être plus brièvement dénommer « Avantages et inconvénients des systèmes d'alimentation par circuit ouvert et par circuit fermé », peut, d'une façon générale, être résolue en quelques lignes, bien que cependant dans certains cas particuliers, la solution à donner à cette question pourrait présenter certaines difficultés.

Avant d'aborder son étude, il nous paraît utile d'établir quelques préliminaires pour bien définir les particularités des différents systèmes d'alimentation envisagés.

Supposons représentée par la fig. 1 ci-dessous une partie d'un réseau ; les points

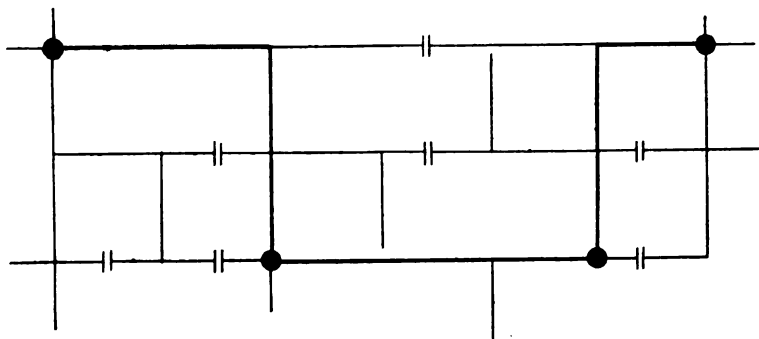


Figure 1.

d'alimentation supposés reliés à la station génératrice y sont marqués par des petits cercles noirs ; certains fils de travail représentés sur la figure en traits fins, sont en plusieurs points interrompus par des isolateurs. Si au lieu d'être interrompus, ces fils étaient réunis électriquement, il en résulterait un réseau sans aucun sectionnement. Ce système d'alimentation ne présente dans la pratique guère d'intérêt,

car, comme nous le montrerons plus tard, les inconvénients qui en résultent, ne sont nullement compensés par les avantages qu'il procure.

Outre les fils de travail possédant des isolateurs, la fig. 1 comporte également, représentés par un trait plus accentué, des fils conducteurs reliant entre eux les différents points d'alimentation.

Ces derniers fils conducteurs peuvent être, soit les fils de travail eux-mêmes, soit des conducteurs spéciaux agissant comme compensateurs entre les dits points d'alimentation, auquel cas ces conducteurs spéciaux comprendront également des isolateurs. Ces isolateurs peuvent naturellement être remplacés par des interrupteurs permettant une réunion ou une séparation de ces lignes.

Supposons tout d'abord ces interrupteurs fermés en service normal: nous dénommerons un tel réseau, un réseau à secteurs non isolés ou réseau fermé. La caractéristique de cette catégorie de réseaux résidera donc dans la possibilité de fournir le courant en service normal à la majorité des points d'alimentation, par plusieurs voies différentes, et non par le seul feeder qui le relie directement au tableau de distribution de l'usine génératrice. Nous considérerons également comme réseaux fermés, les réseaux ou parties de réseau comportant des points d'alimentation réunis entre eux par groupes de 3 à 5.

Si enfin l'on suppose dans la même fig. 1, les conducteurs tirés en trait fort également munis d'isolateurs, nous aurons alors un système d'alimentation que nous appellerons par zones isolées ou réseau ouvert. Les isolateurs montés sur ces conducteurs peuvent être pontés par des interrupteurs; si ces interrupteurs ne sont pas fermés en service normal, le réseau pourra toujours être considéré comme ouvert. La caractéristique des réseaux ouverts résidera donc dans le fait que le courant ne peut arriver aux différents points d'alimentation que par une seule voie, c'est-à-dire seulement par les feeders d'alimentation qui les relient à l'usine génératrice.

Si l'on tient compte de ce que le courant électrique, dès qu'il dispose de plusieurs voies, se répartit de lui-même entre ces voies, de manière à réduire à un minimum les pertes d'énergie dans les conducteurs, on comprendra dès lors de suite la supériorité du réseau sans aucun sectionnement sur le réseau fermé et celle du réseau fermé sur le réseau ouvert; cette supériorité consiste donc en une économie plus ou moins considérable d'énergie.

Il y a également lieu de prendre en considération que la répartition des tensions est plus favorable dans un réseau fermé que dans un réseau ouvert; dans les mêmes conditions d'exploitation, la différence de potentiel entre le fil de travail et le rail sera donc moindre dans un réseau ouvert que dans un réseau fermé. La chose est, il est vrai, rarement envisagée comme un avantage direct du réseau fermé: les moteurs de tramways ne sont, en effet, que peu sensibles aux variations de tension, à condition toutefois que ces variations restent endéans certaines limites, limites qui d'ailleurs peuvent en général être facilement observées, même dans le cas d'un réseau ouvert. Le manque d'uniformité de tension pourrait avoir une influence sur l'éclairage de la voiture, mais une luminosité parfaitement constante n'est jamais réclamée d'une voiture de tramway.

Quoi qu'il en soit, une tension plus uniforme présente un avantage indirect d'ordre économique; il suffit, en effet, de considérer que le moteur, pour produire le même travail, nécessite une intensité de courant d'autant plus grande que la tension est moins élevée; or, les pertes d'énergie dans les conducteurs croissent en raison du carré, à mesure que l'intensité de courant augmente.

Les figures 2 et 3 ci-contre montrent clairement l'influence des circuits fermés et des circuits ouverts sur la tension; ces figures résultent d'une communication faite à l'Union internationale par M. Hochenegg, professeur à l'Ecole polytechnique de Vienne.

Un tronçon de fil de travail est, à ses deux extrémités, réuni à l'usine génératrice au moyen de deux fils d'alimentation. Dans ce diagramme, construit d'après la méthode connue d'Hochenegg, les différences d'ordonnées entre un point quelconque et le point où la tension est la plus élevée, représentent les pertes de tension de la station génératrice jusqu'au point considéré.

La figure 2 suppose 4 voitures de même consommation, réparties uniformément sur la ligne. Il est ici indifférent que le fil de travail soit interrompu ou non en son milieu.

Dans la figure 3, la répartition des voitures sur la ligne n'est plus uniforme. La

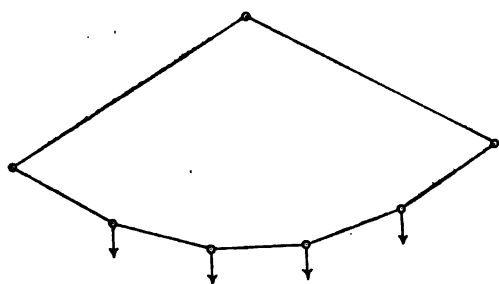


Figure 2.

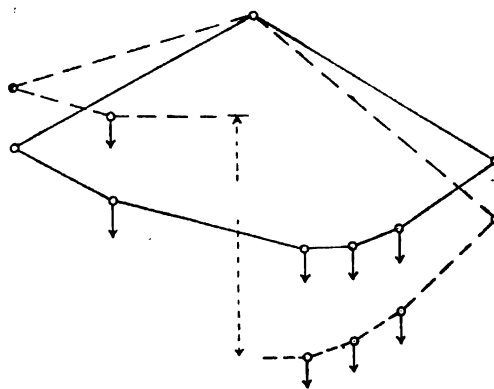


Figure 3.

figure tirée en traits pleins donne les différences de tension dans le fil de travail non interrompu; la figure tirée en traits interrompus donne ces mêmes différences de tension pour le fil de travail séparé en son milieu. Il ne nous paraît pas nécessaire de commenter davantage cette figure.

Pour résumer en quelques mots ce qui précède, nous dirons donc : plus le réseau est fermé, plus grande est l'économie directe et indirecte résultant des moindres pertes d'énergie dans les conducteurs.

Tels sont les seuls avantages des réseaux fermés; il n'y a en effet pas lieu de considérer comme un avantage spécial aux réseaux fermés, la réserve éventuelle que présentent les autres feeders d'alimentation, car cet avantage peut également être réalisé dans les réseaux ouverts par l'installation de connecteurs appropriés.

Un des grands avantages des réseaux ouverts est, sans contredit, la plus grande sécurité de service que ce système d'alimentation présente, en ce sens que les perturbations qui viendraient à se produire dans un secteur, ne se répercutent pas dans les secteurs voisins; de plus, la recherche des défauts est de la sorte facilitée.

Comme dans une exploitation de tramways, la sécurité de service doit, à bon droit, être regardée comme le facteur le plus important, il était à prévoir que la grande majorité des exploitations se seraient prononcées en faveur du système d'alimentation par réseaux ouverts; c'est ainsi en effet que sur 93 exploitations ayant répondu au questionnaire, 76 sont partisans de ce système d'alimentation. Les communications qui ont été faites à l'association par des électriciens réputés tels que MM. Hochenegg (Vienne) et Wyssling (Zurich) abondent d'ailleurs dans le même sens.

Après avoir ainsi indiqué d'une manière générale les avantages et les inconvénients des différents systèmes d'alimentation, nous étudierons plus spécialement dans la suite, les renseignements qui nous sont parvenus en réponse au questionnaire.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, la plupart des exploitations de tramways sont partisans du réseau ouvert; nous avons également indiqué que cette préférence

pour le réseau ouvert s'expliquait par les avantages résultant de la localisation des perturbations à un seul secteur et de la recherche plus facile des défauts.

D'autres points de vue militent encore en faveur du réseau ouvert.

Certaines considérations d'ordre économique peuvent, dans plusieurs circonstances, réclamer le sectionnement du réseau. Il peut en effet être intéressant de connaître la consommation d'énergie des voitures, non pas pour tout le réseau, mais pour chaque ligne en particulier; dans ce cas, la réunion des différents secteurs n'est plus chose possible. Il y a cependant lieu d'étudier le point de savoir si la connaissance de la consommation de courant pour chacune des lignes en particulier, présente un intérêt tel pouvant justifier une majoration des pertes d'énergie dans les conducteurs, majoration inhérente à l'adoption du réseau ouvert.

La chose peut cependant être nécessaire dans un cas, lorsque par exemple deux exploitations différentes utilisent une même ligne; il est alors de toute nécessité, dans l'intérêt commun des deux exploitations, de connaître pour chacune d'elles la consommation de courant par voiture-kilomètre sur les autres lignes; ces lignes doivent alors être complètement séparées de la partie restante du réseau et alimentées par un feeder spécial.

Nous avons défini le réseau fermé, celui pour lequel l'énergie est amenée au point de consommation, non plus par un conducteur unique, mais par plusieurs. Certains prétendent que cette manière de faire présente des avantages; d'autres, au contraire, qu'elle offre des inconvénients.

Cette question comporte en effet deux points de vue différents et, si d'un côté on n'y reconnaît que des inconvénients, de l'autre que des avantages, cette appréciation résulte surtout des conditions locales différentes. Comme ce point présente une certaine importance pour la suite, nous l'examinerons de plus près.

Supposons que les points d'alimentation I, II et III (fig. 4) fournissent l'énergie

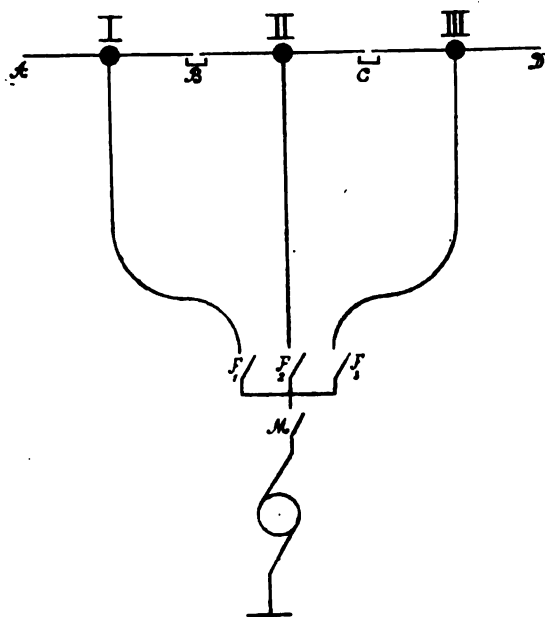


Figure 4.

à un fil de travail A-B-C-D; ce fil de travail comporte en B et C des interrupteurs à main qui permettent de réunir électriquement tous les tronçons du fil de travail, de manière à former du circuit ouvert, un circuit fermé. Les interrupteurs de la station génératrice, c'est-à-dire l'interrupteur M de la dynamo et les interrupteurs  $F_1$ ,  $F_2$  et  $F_3$  des feeders sont automatiques et normalement fermés.

Supposons tout d'abord les interrupteurs B et C ouverts, de façon à obtenir un réseau ouvert. Un court-circuit ou toute autre perturbation survient dans le secteur alimenté par le point d'alimentation II et y occasionne une intensité de courant très considérable représentée par 100. Ce courant ne peut s'écouler que par le feeder II après avoir

traversé l'interrupteur automatique M de la machine et l'interrupteur automatique  $F_2$  du feeder. Il ne sera pas difficile de rendre celui-ci suffisamment sensible pour qu'il déclanche à une intensité 60 de courant, l'interrupteur de la machine demeurant fermé. Le secteur II est ainsi mis hors courant, tandis que l'alimentation des secteurs I et III continue.

Si au contraire les interrupteurs B et C restent fermés, de façon à former du fil

de travail A-B-C-D un conducteur continu, le courant 100 fourni par le point d'alimentation II se répartira sur les 3 feeders, et ce dans la proportion de 40 pour le feeder II et de 30 pour chacun des feeders I et III en supposant qu'un feeder possède une résistance deux et demie fois plus grande que celle d'un tronçon (par exemple I-II) du fil de travail et en supposant de plus qu'il ne faille pas tenir compte de la résistance des conducteurs de retour, le retour du courant étant généralement assuré par les rails de la voie. Ces conducteurs de retour peuvent d'ailleurs pour le problème qui nous occupe, être mis hors cause, car le courant s'y répartit toujours de la même manière, que les conducteurs d'amenée soient ouverts ou fermés.

Comme dans l'exemple qui nous occupe les 3 intensités de courant des feeders restent en-dessous des limites prévues pour le déclenchement des interrupteurs, ceux-ci resteront fermés; par contre, l'interrupteur de la machine déclanchera et la totalité du réseau sera ainsi mise hors courant.

Les exploitations qui reprochent aux réseaux fermés de produire facilement une perturbation générale par suite du déclenchement de l'interrupteur de la machine génératrice, dès qu'une quantité de courant un peu importante est prise en certains points, ont donc raison.

Mais cependant toutes les exploitations partisans du réseau fermé n'ont pas tort, par le fait même que les déclenchements d'interrupteurs sont chez elles moins fréquents. Supposons en effet qu'il ne soit pris au point II qu'un courant 80 au lieu du courant primitif 100; dans le cas d'un réseau fermé, ni les interrupteurs des feeders, ni l'interrupteur de la machine ne déclancheront, mais dans le cas d'un réseau ouvert, un déclenchement se produira à l'interrupteur du feeder  $F_2$ .

Il résulte donc de ce qui précède que dans le cas d'un réseau ouvert, toutes les prises de courant un peu importantes produiront dans le réseau des perturbations qui, il est vrai, ne se feront sentir que sur un seul secteur. Dans le cas d'un réseau fermé, les prises de courant d'une certaine importance seulement produiront des perturbations dans le réseau, mais ces perturbations se feront chaque fois sentir sur la totalité du réseau.

Il y a lieu de faire ressortir ici l'appréciation d'une des compagnies de tramways ayant répondu au questionnaire; d'après cette exploitation la localisation des perturbations est souvent illusoire, car plusieurs lignes sont, dans bien des cas, dépendantes les unes des autres. Lorsque par exemple un tronçon de voie commun à plusieurs lignes est mis hors courant, il en résulte bientôt une complète interruption de service sur toutes les lignes qui viennent aboutir à ce tronçon commun. On peut donc, dans certains cas, donner une valeur imméritée à l'avantage de la localisation des perturbations.

Quoi qu'il en soit, le réseau ouvert présente toujours le grand avantage de la recherche facile du défaut, tout au moins du tronçon de ligne sur lequel ce défaut s'est produit.

Parmi les réseaux fermés, nous pouvons distinguer les réseaux qui ne comportent que des interrupteurs manœuvrables à la main et les réseaux dont le sectionnement est obtenu grâce à des interrupteurs automatiques, lesquels doivent être compris dans le sens large du mot, c'est-à-dire que les fusibles aussi doivent être envisagés comme interrupteurs automatiques.

Les exploitations qui appartiennent à la première catégorie, sont en général de peu d'importance. Lorsque, par exemple, le réseau ne comporte qu'une seule ligne d'alimentation, l'étude des avantages et inconvénients du circuit ouvert (fig. 5) ou du circuit fermé (fig. 6) montrera ces deux systèmes d'alimentation ne présentant guère, dans ce cas spécial, de grandes différences entre eux.

Parfois aussi, plusieurs feeders fournissent le courant à différents points d'alimentation situés dans le voisinage les uns des autres; la réunion des différents secteurs

d'alimentation ne présente pas dans ce cas d'inconvénients, car en cas de perturbation, la séparation des secteurs pourra facilement être obtenue.

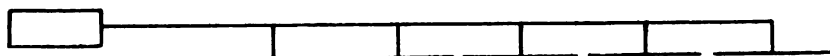


Figure 5.

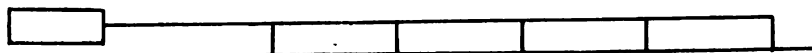


Figure 6.

Parmi les exploitations ayant répondu au questionnaire, deux importantes seulement font usage d'interrupteurs à main ; tout d'abord les Tramways municipaux d'Amsterdam qui ont cependant l'intention de remplacer une partie des interrupteurs à main par des appareils automatiques, et ensuite la Compagnie des Tramways de l'Est parisien qui n'a obtenu que des bons résultats de ce dispositif et qui le préconise par suite de la meilleure utilisation des sous-stations et des conducteurs.

Si parfois la réunion des secteurs au moyen d'interrupteurs à main a donné de bons résultats, il nous semble cependant qu'il y aurait avantage à obtenir cette réunion au moyen d'interrupteurs automatiques, car si l'automatisme de ces appareils est bien réglée, la délimitation du secteur dans lequel surviendra un court-circuit se produira d'elle-même.

Nous ne pouvons admettre l'opinion d'une des exploitations ayant répondu au questionnaire, qui préconise le circuit continuellement ouvert et qui rejette l'usage des interrupteurs automatiques, car, avance-t-elle, il n'est pas toujours facile de reconnaître s'ils ont déclenché ou non.

Nous répondrons à cette exploitation, que le réseau fermé sur lequel seraient installés des interrupteurs automatiques, devient par le fait même du fonctionnement de ces interrupteurs, un réseau ouvert et que le réseau fermé présente au moins les avantages du réseau ouvert. Si donc, il avait été omis de refermer pendant un certain temps des interrupteurs qui auraient déclenché inopinément, les avantages du réseau fermé ne se seraient pas, il est vrai, fait remarquer, mais on n'aurait non plus eu à enregistrer aucun inconvénient par rapport au réseau fermé.

Les exploitations qui ont, dans leurs exploitations, ponté entre eux les différents secteurs d'alimentation, y ont été poussées tantôt par des considérations économiques (économie d'énergie, notamment dans un cas où le prix de l'énergie était élevé), tantôt par des considérations techniques (pas de surcharge des feeders et des points d'alimentation, utilisation plus favorable du cuivre mis en œuvre, notamment dans de fortes montées).

Comme nous venons de le voir, les deux systèmes d'alimentation : réseaux fermés et réseaux ouverts, présentent des avantages et des inconvénients. Ces avantages et inconvénients doivent être consciencieusement posés dans chaque cas particulier et la solution la plus favorable à donner à la question ne sera pas toujours facile à trouver, car trop de facteurs mal établis, entrent ici en ligne de compte. Qui peut en effet prévoir le nombre de cas d'une prise extraordinaire de courant ? Et même alors, le problème ne serait pas encore résolu, car nous avons vu plus haut que des prises importantes de courant, restant cependant en dessous de certaines limites, n'occasionnent aucune perturbation dans les circuits fermés ; dans les circuits ouverts, au contraire, ces limites de non perturbation sont beaucoup moins élevées. De même, il sera toujours difficile de supputer l'économie d'énergie qui résultera du pontage des secteurs entre eux, car pour arriver à une détermination quelque peu



exacte de cette économie, on sera forcé de se baser sur des suppositions qui seront toujours sujettes à discussion.

Afin de bien montrer l'économie de courant qui, dans des conditions que nous ne considérons comme nullement exagérées, peuvent résulter du pontage des secteurs, nous étudierons plus spécialement la question au moyen d'un exemple.

Supposons (fig. 7), les points d'alimentation I et II fournissant l'énergie voulue à plusieurs lignes et, notamment à la ligne I-II qui relie ces deux points d'alimentation. Supposons que la résistance de chacun des deux feeders soit  $2\frac{1}{2}$  fois celle du conducteur I-II.

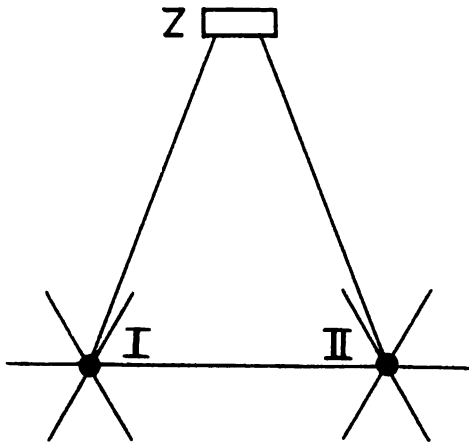


Figure 7.

Si la quantité de courant fournie par chaque point d'alimentation restait constante et égale pour les deux points, le pontage du conducteur I-II n'offrirait aucun avantage. Ce sont cependant là des hypothèses qui, dans une exploitation de tramways, ne se réalisent jamais. L'ingénieur qui projette un réseau cherchera naturellement à donner aux points d'alimentation une charge aussi uniforme que possible, mais tout d'abord la chose ne pourra

s'obtenir qu'avec une certaine approximation; ensuite, en admettant même l'uniformité pour les charges moyennes, il restera toujours les variations de courant qui détruiront momentanément l'uniformité des charges des points d'alimentation; cette considération montre déjà l'utilité de conducteurs compensateurs.

On doit donc, lorsque l'on veut supputer la dépense d'énergie, faire les hypothèses voulues sur la charge moyenne des points d'alimentation et aussi sur le degré des variations auxquelles sont soumises les intensités de courant.

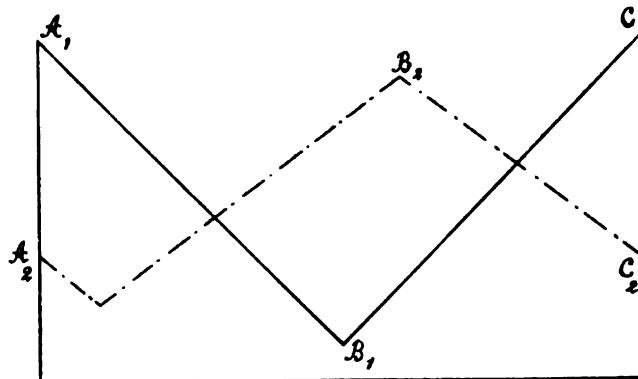


Figure 8.

Les ordonnées de la ligne en traits pleins  $A_1 B_1 C_1$  de la figure 8 représentent les intensités de courant du point d'alimentation I à différents moments; supposons les intensités de courant du point II pendant la même période de temps, représentées par la ligne en traits interrompus  $A_2 B_2 C_2$ . L'économie d'énergie du circuit fermé par rapport au circuit ouvert sera de 10,3 %, l'intensité moyenne de courant étant aux deux points la même.

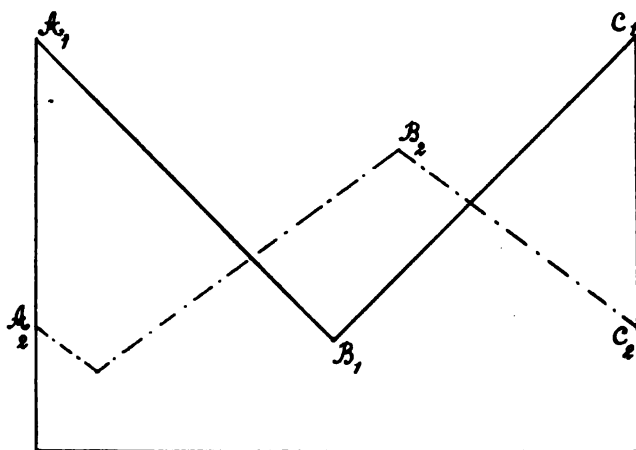


Figure 9.

quantité toutes les ordonnées de la ligne  $A_1 B_1 C_1$ ; l'intensité moyenne de courant

Dans la figure 9, nous avons conservé les lignes  $A_2 B_2 C_2$ , mais nous avons augmenté d'une même

est ainsi de 40 % plus élevée au point I. L'économie de courant s'élève dans ce cas à 11,1 %.

Supposons enfin le cas, qui naturellement ne se présente jamais en pratique, de deux intensités absolument constantes aux points I et II, mais dans un rapport de 140 à 100 comme les intensités moyennes dans la figure 9; l'économie d'énergie résultant du pontage des secteurs descendra à 2,2 %; c'est là une preuve que les variations des intensités et non les différences entre intensités moyennes, doivent dans la question être considérées comme facteur principal.

On peut également déduire de ce qui précède qu'il n'y a aucun avantage à réunir entre eux tous les points d'alimentation d'un réseau important ou même un grand nombre d'entre eux. Supposons en effet réunis entre eux, 4 points d'alimentation; nous obtiendrons un courant plus constant dans les 4 feeders et éviterons ainsi de trop grandes pertes dans les conducteurs; si nous y ajoutons un cinquième point, nous rendrons toujours les courants plus constants, mais plus dans la même mesure; le résultat que l'on obtiendra sera relativement moindre.

C'est pour ce motif qu'au commencement de notre étude, nous nous sommes montrés adversaires des réseaux sans aucun sectionnement. Autant il nous paraît utile de réunir entre eux plusieurs points d'alimentation pour former un ensemble dans les limites duquel la totalité des intensités de courant est suffisamment constante, autant il nous paraît irrationnel d'aller plus loin.

Nous tenons à faire remarquer que l'exemple que nous avons choisi était loin d'être trop en faveur du circuit fermé. Il est en effet évident que l'effet compensateur produit entre 3 points d'alimentation par l'installation de 3 conducteurs reliant ces points, devra être beaucoup plus énergique. Dans les mêmes hypothèses que celles faites ci-dessus, il résultera pour un tel réseau une économie de 27 % et il est à prévoir que, dans le cas d'une réunion de 4 points, les résultats seront plus favorables encore.

La réunion de deux ou plusieurs points d'alimentation doit, pour conserver à chacun d'eux une certaine indépendance, être obtenue au moyen d'interrupteurs automatiques qui, en cas d'avarie à la ligne, localiseront les perturbations. Cela ne suffit cependant pas dans tous les cas : supposons en effet installés aux points B et C de la figure 4 des interrupteurs automatiques, et prenons également une grande quantité de courant, mais cette fois dans la proportion de 140 au point II ou dans ses environs immédiats. Cette quantité de courant se répartira sur le conducteur I dans la proportion de 42/140, sur le conducteur III dans la proportion de 56/140 et sur le conducteur 3 dans la proportion de 42/140, alors que les déclancheurs automatiques  $F_1$ ,  $F_2$  et  $F$  sont réglés sur 60.

Comme ces intensités de courant, 42, 56 et 42 ne diffèrent pas beaucoup entre elles, le déclanchement de l'un des 3 points I, II ou III dépendra de la charge restante en ces 3 points. On peut très bien supposer qu'au même moment la charge restante est élevée en I et moindre en II; dans ce cas, le déclancheur automatique  $F_1$  fonctionnera en premier lieu. Mais alors tout le courant 140 passe par II et par III et se répartit sur les deux conducteurs dans la proportion de 82 à 58.

Le déclancheur  $F_2$  fonctionnera et on peut alors admettre que l'interrupteur de section C empêchera les perturbations d'attendre le secteur III; par contre le secteur I sera également mis hors courant.

On aurait pu, par un réglage plus sensible des interrupteurs automatiques B et C, empêcher de prime abord le déclanchement de l'appareil  $F_1$ , mais alors l'amenée du courant par deux feeders aurait été rendue impossible en cas d'avarie survenue au troisième; cette manière de faire n'est évidemment pas rationnelle et il vaut mieux chercher à obvier à la cause du mal, c'est-à-dire éviter une répartition à peu près uniforme du surcroît de prise de courant sur les 3 feeders.

En d'autres mots, on aurait probablement pu dans l'exemple précédent éviter que la perturbation survenue dans le secteur I se propage au secteur II, si la prise de courant 140 s'était répartie sur les 3 feeders, non plus dans la proportion de 42, 56 et 42, mais bien dans la proportion de 35, 70 et 35.

Pour atteindre ce but, il faudrait rendre moindre la résistance du feeder par rapport à la résistance d'une partie du fil de travail, c'est-à-dire on devrait augmenter davantage la section des feeders et réduire autant que possible la section des fils de travail. Lorsque cette réduction de section du fil de travail n'est pas possible, ou encore lorsque cette réduction n'est pas suffisante, des résistances supplémentaires devraient être installées dans le circuit des fils de travail.

Ces résistances ne devraient naturellement pas être placées près des points d'alimentation, c'est-à-dire là où ils recevraient la totalité du courant, mais plutôt aux limites du secteur normal d'alimentation; dans le cas de la figure 4, par exemple, auprès des interrupteurs automatiques de section B et C.

Il y a cependant lieu de faire remarquer ici que l'installation de ces résistances, comme aussi d'ailleurs la réduction du rapport entre la résistance des feeders et celle des fils de travail, diminue quelque peu l'économie d'énergie résultant de la présence d'un circuit fermé au lieu de celle d'un circuit ouvert. Ce sacrifice cependant se justifie en présence de la plus grande sécurité de service qui en résulte.

A notre avis, un réseau de tramways devrait rationnellement être installé comme suit : tout d'abord au point de vue des sections des conducteurs : le plus de cuivre possible dans les feeders, le moins possible dans les fils de travail. Ensuite, sectionnement des fils de travail par des isolateurs, de façon à limiter la zone de distribution de chacun des points d'alimentation et à la rendre complètement indépendante des zones voisines. Enfin, pontage de quelques isolateurs par des interrupteurs automatiques, le cas échéant avec installation de résistances, de façon à réunir entre eux les secteurs de distribution de 3 à 5 points voisins.

Lorsque la chose sera possible, on cherchera à réunir entre eux les secteurs dont les circonstances d'exploitation seront à peu près analogues, on arrivera ainsi à posséder une zone importante dans laquelle la totalité de l'intensité de courant sera aussi peu que possible soumise à des fluctuations.

Supposons la figure 10 représentant une partie du réseau d'une exploitation de tramways. Les zones de distribution des points I, II, III et IV sont complètement isolées des zones voisines. Ces zones de distribution des points I, II, III et IV sont cependant rendues dépendantes les unes des autres par les conducteurs représentés en traits forts sur la figure; ces conducteurs possèdent aux points a, b, c et d des interrupteurs automatiques.

Outre ces lignes fermées, chaque point d'alimentation distribue également le courant à quelques lignes ouvertes.

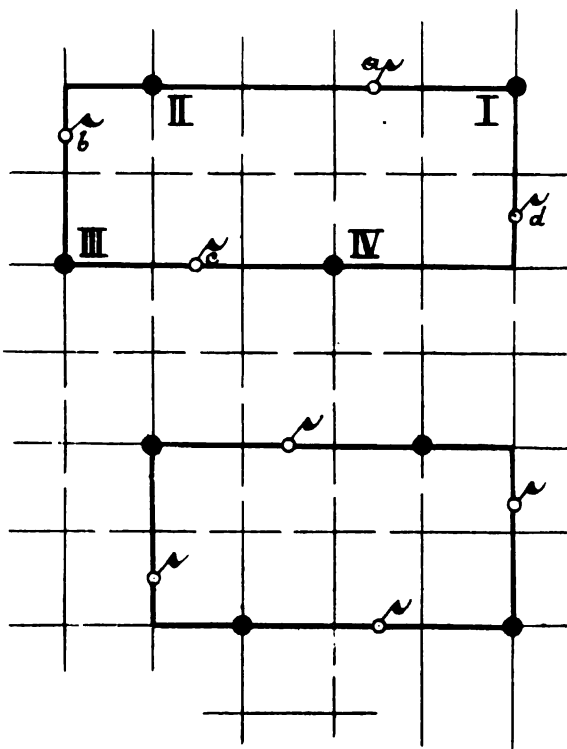


Figure 10.

La figure 11 représente schématiquement les points d'alimentation, les conducteurs qui les relient et les feeders qui les alimentent; toutes les autres particularités du réseau n'ont pas été portées dans cette figure. Supposons la résistance d'un fil de

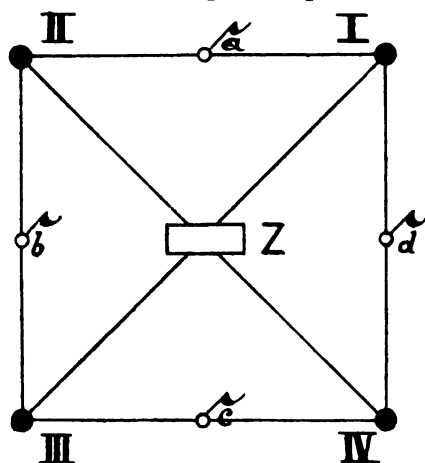


Figure 11.

travail, par exemple I. II égale à 0,29 ohms et celle des rails correspondants pour le retour du courant égale à 0,06 ohms. Supposons de plus que les feeders soient à deux pôles, et que chacun des conducteurs présente une résistance de 0,45 ohms. La charge normale de chaque point d'alimentation est de 100 ampères; nous comprenons par là que la charge de chaque point d'alimentation varie autour d'une valeur moyenne de 100 ampères.

Tout d'abord la condition de pouvoir assurer le service par 3 feeders dans le cas d'avarie survenue au quatrième feeder exige que chacun d'eux permette au moins le passage de 137 ampères, et que chaque fil de travail formant les

côtés du quadrilatère soit calculé pour un minimum de 50 ampères.

Le réglage des interrupteurs automatiques se fera cependant en prenant en considération les intensités de courant résultant d'un court-circuit. Si l'on admet qu'en cas de court-circuit la tension à la station génératrice descend jusque 400 volts, il en résultera qu'un court circuit survenant à l'un des sommets du quadrilatère, par exemple en I, y produira une intensité de courant de 1270 ampères (fig. 12). Comme, dans ce cas, le feeder d'alimentation du point I déclanche à la station génératrice, de même que les fils de travail II-I et IV-I aux points a et d, il s'ensuit que :

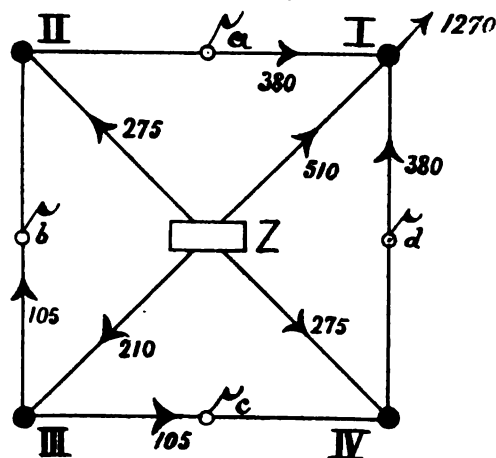


Figure 12.

a) Les interrupteurs automatiques des feeders doivent pouvoir supporter 275 ampères, mais doivent déclancher à 510 ampères.

b) Les interrupteurs automatiques a, b, c, d, doivent pouvoir supporter 105 ampères, mais doivent déclancher à 380 ampères.

Comme on le voit, ces limites présentent entre elles un écartement suffisant pour permettre facilement un réglage efficace.

On peut encore obtenir d'autres limites par un moyen plus simple : devant chacun des quatre interrupteurs de section a, b, c, d, l'on intercale une résistance, par exemple égale à la résistance d'un fil de travail (dans le cas qui nous occupe : 0,29 ohms).

Grâce à ces résistances, le courant du court-circuit descend d'abord à 1080 ampères. Ces 1080 ampères se répartissent comme suit entre les quatre points d'alimentation.

Point I . . . . .	550 ampères
Point II . . . . .	205 »
Point III . . . . .	120 »
Point IV . . . . .	205 »
Et entre les quatre fils de travail :	
II-I . . . . .	215 ampères
IV-I . . . . .	265 »
III-II . . . . .	60 »
III-IV . . . . .	60 »

Comme on le voit, les limites 205 et 550 ampères pour les interrupteurs des feeders, ainsi que 50 et 265 ampères pour les interrupteurs des fils de travail présentent entre elles un écartement plus grand encore que dans l'exemple précédent.

De plus, l'interposition de ces résistances présente encore un avantage à un autre point de vue. Supposons que ces résistances ne soient pas installées ; un court-circuit survient vers le milieu de la ligne I-II près du point *a* ou tout au moins dans les environs du point *a* ; le courant se répartira à peu près uniformément sur les lignes I et II, précisément par suite de la symétrie des conducteurs.

Or, l'interposition de résistances supprime cette symétrie ; si par exemple le court-circuit survient à droite de *a*, la plus grande partie du courant se transportera vers I et y fera déclancher l'interrupteur automatique.

Il résulte donc de ce qui précède que l'indépendance réciproque des secteurs peut également être obtenue dans un réseau fermé.

Nous croyons encore devoir faire remarquer ici qu'aussi le professeur Blondel, Paris, et la Compagnie française Thomson-Houston recommandent la réunion des secteurs au moyen de déclancheurs automatiques. M. Blondel excepte cependant les réseaux des métropolitains souterrains. La Compagnie Thomson-Houston recommande de plus de placer en parallèle avec l'interrupteur automatique 5 lampes à incandescence qui, en brûlant, indiqueront immédiatement le déclanchement de l'interrupteur en cas de court-circuit.

G. RASCH.

*Aix-la-Chapelle, juillet 1906.*

---

# RAPPORT

de M. E. PIAZZOLI, Directeur de la Société sicilienne  
d'Entreprises électriques, Palerme.

sur la question suivante :

**Avantages et inconvénients, dans les réseaux importants de tramways,  
du système d'alimentation par zones isolées ou non isolées, comparé au  
système d'alimentation sans aucun sectionnement.**

---

Le système utilisé presque exclusivement pour l'alimentation des réseaux des tramways, est celui par secteurs; ce système est en effet adopté par 86 exploitations sur les 92 qui ont répondu au questionnaire envoyé aux membres de l'Association.

En général, les secteurs d'alimentation restent, en service, isolés les uns des autres : nous trouvons en effet ce procédé adopté par 77 exploitations, tandis que 9 seulement ont préféré les secteurs non isolés.

\* \* \*

L'énergie électrique de la station centrale est, comme on sait, transmise aux différents points d'alimentation, convenablement choisis, au moyen de câbles d'alimentation, presque toujours en souterrain. Ceux-ci sont protégés contre les surcharges, par des fusibles et des interrupteurs automatiques installés à la centrale; ils sont de plus reliés au réseau de travail par des coupe-circuits.

Dans quelques grandes installations, comme à Berlin, l'énergie électrique est transmise aux différents points d'alimentation par deux feeders: à chacun de ces points d'alimentation, un interrupteur permet l'envoi du courant de chacun des câbles dans l'une ou l'autre direction.

Dans le système par secteurs isolés, chaque secteur alimenté par un feeder est généralement séparé des secteurs d'alimentation voisins au moyen d'isolateurs de section, qui sont pontés par des interrupteurs normalement ouverts; ces interrupteurs peuvent cependant, le cas échéant, par leur fermeture, réunir un secteur quelconque au secteur voisin.

Le fil de travail, dans chaque section, est presque toujours lui-même sectionné au moyen d'isolateurs de lignes, en sections dont la longueur varie entre 400 à 600 mètres; celles-ci sont pontées entre elles au moyen d'interrupteurs restant normalement fermés et pouvant être ouverts en cas de besoin.

La caractéristique du système à secteurs isolés ou du réseau ouvert est la sécurité du service, laquelle sera d'autant plus grande que seront plus nombreux les secteurs indépendants, c'est-à-dire alimentés chacun par un feeder spécial; c'est pour cette raison que le système a été préféré par la majeure partie des sociétés qui l'utilisent.

Nous nous permettrons d'ajouter qu'il était bien naturel qu'il en fût ainsi, puisque les dommages causés par un arrêt général dans un service des tramways présentent une importance capitale; que, d'ailleurs, lorsqu'on a introduit dans les grandes villes la traction électrique, les autorités, tout comme les exploitants, se sont spécialement préoccupés d'assurer, dans les limites du possible, la régularité du service. Nous trouvons ainsi que toutes les réponses concordent à attribuer le choix de ce système, à l'avantage de limiter, en cas d'avarie, à une seule zone les perturbations éventuelles survenant dans d'autres secteurs, permettant ainsi de les localiser et d'y parer rapidement.

Les perturbations produites dans une zone par des perturbations survenues soit au fil de trolley, soit aux feeders, laissent indemnes les autres zones, où le service peut donc continuer.

Au surplus, le déclenchement d'un interrupteur automatique dans la station centrale indique sans retard toute perturbation qui viendrait à se produire dans un secteur quelconque, et les mesures nécessaires peuvent immédiatement être prises pour la localisation du défaut.

Si cette perturbation a lieu dans le câble d'alimentation, celui-ci peut être déconnecté de son secteur, au moyen de l'interrupteur qui établissait la connexion avec le dit secteur et celui-ci peut ensuite être relié aux secteurs adjacents par la simple manœuvre des interrupteurs de section qui normalement la séparent des secteurs voisins; le service est donc rétabli sans retard.

Si la perturbation se présente au fil de trolley, elle est rapidement trouvée et peut être localisée entre deux interrupteurs distants de 400 à 600 m., de manière à rétablir immédiatement le service sur les autres parties du secteur; au besoin, un service de navette jusqu'aux limites du tronçon endommagé, permettra de travailler à la réparation de ce dernier, le courant y ayant été préalablement interrompu.

Un autre avantage présenté par ce système est celui d'éviter les surcharges imprévues aux machines génératrices; mais, à ce point de vue, il peut être objecté l'impossibilité dans laquelle on se trouve, d'obtenir une répartition plus uniforme des charges, c'est-à-dire d'obtenir qu'un secteur momentanément surchargé, puisse être assisté par le secteur voisin. Cette nécessité se présente quelquefois, notamment dans les secteurs comprenant des lignes qui, en certaines saisons ou à certains jours, comportent un trafic intense. Il peut être remédié à cet inconvénient en couplant dans ces cas exceptionnels, ce secteur avec le secteur voisin, mais on renonce ainsi en partie à l'avantage du sectionnement.

\* \* \*

Chaque zone isolée se présente, au point de vue de la distribution de l'énergie, comme un système ouvert de conducteurs rayonnant autour du centre d'alimentation.

Pour établir les limites d'un secteur sur ses différents rayons, on part du point de vue d'obtenir une même chute de tension, donnée *à priori*, entre le point d'alimentation et les extrémités du secteur, en prenant en considération le trafic que l'on aura à assurer sur les différentes lignes aux différents moments de l'horaire et dans les différentes parties du réseau, du profil des lignes, etc. On calcule ensuite le feeder en tenant compte, d'une part, de ce que la perte maximum de tension ne doit pas dépasser une valeur déterminée et, d'autre part, en prenant en considération les prescriptions relatives à l'échauffement.

Dans ces conditions, qui sont celles que l'on rencontre généralement en pratique, l'utilisation du cuivre n'est pas, pendant toute la durée du service, la plus rationnelle et, à poids égal de cuivre, les variations de tension dans le réseau ouvert deviennent de beaucoup plus importantes que celles que l'on obtiendrait si le réseau était fermé. C'est ce que confirment les exploitations qui ont répondu plus complètement à la question relative à l'utilisation rationnelle du cuivre. Il résulte de ces réponses que, dans certaines exploitations, le sectionnement a été déterminé de façon à donner aux points d'alimentation une charge aussi uniforme que possible; dans d'autres, de façon à avoir la meilleure utilisation du cuivre compatible avec la chute de tension admise; d'autres exploitations disent avoir autant que possible tenu compte de ces deux considérations; une autre enfin estime que l'utilisation rationnelle du cuivre ne présente qu'une importance relative et que pour calculer le sectionnement, il n'est nécessaire que de s'inspirer des besoins du service.

Il y a lieu de faire remarquer ici qu'après l'installation d'un réseau de tramway, le trafic se développe souvent d'une façon différente à celle prévue; dans ce cas, les conditions du service ne sont plus celles qui avaient servi de base au projet et les pertes de tension augmentent dans les circuits ouverts constituant les secteurs. Il n'est pas toujours possible de remédier à cet état de choses en déplaçant les limites des secteurs, car, si l'on améliore les conditions de plusieurs d'entre eux, on aggrave celles d'autres; on se voit alors forcé de recourir à d'autres moyens, par exemple: doubler les fils, renforcer et augmenter les feeders: moyens d'ailleurs souvent insuffisants et onéreux.

L'indication des pertes maxima des tensions admises dans le réseau par les différentes exploitations, ne donne pas un guide suffisant pour permettre d'en déduire les véritables pertes d'énergie dues à la transmission une étude même succincte; les renseignements sont d'ailleurs tellement hétérogènes que nous croyons devoir attribuer les écarts renseignés aux conditions locales dans lesquelles se trouvent les réseaux, plutôt qu'aux éléments qui, à l'origine, ont dû servir de base pour le calcul de la section du cuivre mis en œuvre. Ainsi, si d'un côté, quelques exploitations accusent une chute maximum de 50 volts, correspondant à 7 ou 10 % de la tension normale, d'autres arrivent à des pertes beaucoup plus fortes allant jusque 30 %; plusieurs comportent en effet des chutes de 200 volts, voire même de 220 volts.

On n'obtient pas plus de certitude sur les renseignements relatifs à la densité moyenne puisque l'on ne connaît pas les bases sur lesquelles ces données ont été établies.

A ce point de vue, il n'est donc pas possible, par les renseignements reçus, de bien préciser et de comparer la perte d'énergie obtenue en pratique par les différents systèmes auxquels appartiennent les installations considérées. Aussi devons-nous nous borner à constater que, par le fait du réseau ouvert, le système de secteurs isolés est défectueux au point de vue de l'utilisation rationnelle du cuivre et de la répartition uniforme des tensions, principe sur lequel sont d'ailleurs d'accord toutes les sociétés qui ont émis leur opinion à ce sujet.

\*  
\* \* \*

Au point de vue de la régularité du fonctionnement, il convient de sectionner le réseau par lignes entières; dans ce cas, si un dégât survient, il immobilise une ligne ou tout au moins une partie de celle-ci et permet la circulation sur les autres. La topographie des lieux et la situation de la station centrale ou des sous-stations ne permettent cependant pas toujours un tel dispositif de sectionnement; la chose s'appliquerait surtout difficilement dans les installations plus importantes dont les voies constituent un réseau à nombreux enchevêtrements et présentant plusieurs tronçons nécessairement communs à plusieurs lignes.



Parmi les 77 sociétés qui ont adopté le système d'alimentation par secteurs isolés, 17 seulement ont réussi à faire coïncider les secteurs avec les lignes; d'autres se bornent à atteindre autant que possible ce résultat.

La difficulté de faire coïncider les secteurs d'alimentation avec les lignes, réduit beaucoup, dans la pratique, cette limitation de perturbations et de suspension de service, que nous avons présentée comme étant le principal avantage du système à zones isolées. Plus les lignes dépendent les unes des autres, plus graves deviennent les défauts se présentant sur les tronçons communs; c'est là une observation très juste présentée par la Compagnie des tramways de Christiania: le service reste, en effet, également interrompu sur les lignes venant aboutir au tronçon commun perturbé, à moins d'y organiser un service de navette, ce qui n'est pas toujours possible.

A la reprise du service, peut alors se présenter un autre inconvénient: les voitures qui circulent sur le réseau, viennent à s'accumuler aux limites de la zone ou de la section interrompue, quelquefois en nombre considérable; et, lorsque la ligne est remise en état, il est difficile d'éviter un démarrage simultané des voitures, ce qui produit une surcharge exagérée du feeder intéressé.

Ces deux défauts du système: d'un côté transport et distribution peu rationnelle avec, comme conséquence, dépense exagérée d'énergie; de l'autre, répartition inégale dans les charges des divers feeders, d'où fréquence des surcharges exagérées momentanées, sont au contraire évités par le système du réseau unique adopté, comme l'on a vu, dans très peu de cas. L'avantage principal de ce système est le transport plus rationnel de l'énergie, ce qui permet une meilleure utilisation du cuivre; dans le cas où des voitures circulent en grand nombre sur une partie du réseau, les sections voisines de celles où se manifeste ce trafic exceptionnel, contribuent à la fourniture de l'énergie, en faisant concourir à l'alimentation leurs feeders respectifs. Le service se fait avec régularité, sans danger de surcharge pour aucun câble. Dans le cas d'avarie, par contre, de court-circuit par exemple soit dans un des feeders, soit dans le réseau aérien, la perturbation se généralise facilement: les interrupteurs automatiques qui se trouvent à la centrale déclanchent, dès que le dégât présente quelque importance, l'un après l'autre, et si les feeders qui fournissent le courant aux zones éloignées du court-circuit, continuent à fonctionner, il en résulte bientôt une surcharge excessive du fil du trolley, qui est alors parcouru par le courant des feeders, et, pendant le court-circuit, ce fil peut atteindre une température susceptible de nuire à ses propriétés mécaniques. Le service, dans ces cas, s'arrête nécessairement sur tous les secteurs; la localisation et la réparation du dégât peuvent être de très longue durée et exiger beaucoup de travail, prolongeant ainsi l'inactivité du service.

Enfin, lorsqu'un réseau n'est pas sectionné, il est toujours possible de voir un défaut sur un câble d'alimentation se reproduire sur les autres; cet accident a été signalé notamment à Christiania.

Une surveillance minutieuse et continue est absolument nécessaire afin de réduire au minimum les arrêts du service qui, vu leur caractère général, occasionnerait à l'exploitation un préjudice considérable.

Très peu de réponses nous sont parvenues relativement aux dispositifs que l'on peut adopter dans ces cas afin de trouver et de localiser les défauts. Abstraction faite du moyen élémentaire qui consiste à faire enlever un fil de trolley rompu, par les agents des voitures les plus proches, les réponses au questionnaire énoncent des remarques spéciales concernant des moyens préventifs dans les cas de dérangements, où on est obligé de suspendre le service; de plus, les interrupteurs de ligne (ordinairement fermés) dont les installations sont généralement pourvues, permettent de localiser les perturbations.

Il est hors de doute que ce système d'alimentation ne présente aucune garantie de

sécurité capable de le faire adopter pour les installations importantes de tramways électriques.

\* \* \*

Le système à secteurs non isolés en service normal, mais connectés au moyen des dispositifs automatiques et fusibles, est parmi les deux systèmes typiques à secteurs isolés et sans sectionnement, celui qui semble, tout au moins en théorie, le plus rationnel.

Parmi les réponses au questionnaire, nous en trouvons quelques-unes fort intéressantes nous indiquant que, dans certaines grandes installations, on inclinerait à adopter ce système, le réseau de travail étant normalement alimenté, d'une façon rationnelle et économique, par secteurs fermés, tandis qu'en cas d'avarie les interrupteurs automatiques interviennent pour localiser le dérangement sur une partie réduite du réseau où il peut facilement être porté remède.

Les Tramways municipaux d'Amsterdam font remarquer que les conséquences des manipulations imprudentes des conducteurs et la surcharge des lignes causée par des accidents ou par une chute abondante de neige, ont été tellement désagréables, qu'il a fallu choisir le système où l'alimentation est obtenue par des câbles parallèles, acceptant ainsi le défaut de ce système, défaut que les ingénieurs de l'exploitation espèrent pouvoir éliminer par l'emploi de fusibles.

La Compagnie française des Tramways électriques et Omnibus de Bordeaux qui possède un réseau très important divisé en zones indépendantes, se propose d'adjoindre aux interrupteurs à main qui ne permettent, aujourd'hui, la réunion des zones qu'en cas de besoin seulement, des disjoncteurs automatiques qui permettront de relier les zones pendant le service, d'une façon normale.

Les Tramways de Christiania estiment qu'il n'est pas impossible d'éviter les inconvénients présentés par la méthode de pontage des sections, par l'emploi de disjoncteurs automatiques.

Les Tramways de Crefeld relient au moyen d'interrupteurs automatiques les cinq zones d'alimentation de leur réseau. Dans chacune des zones, les lignes aériennes sont subdivisées à leur tour par des interrupteurs de sections, distants les uns des autres d'environ 200 m. En cas de perturbation, la zone influencée s'isole d'elle-même et le défaut peut alors être localisé rapidement par les moyens ordinaires.

Le Tramway électrique de Grosslichterfelde a réuni les trois zones de son réseau au moyen de disjoncteurs automatiques, grâce auxquels les défauts peuvent être facilement trouvés et localisés. Leur système d'alimentation permet de répartir plus uniformément les pertes de tension et les variations de courant.

La Compagnie du Tramway de Hambourg à Altona, donne la préférence à la réunion des différentes zones d'alimentation entre elles, au moyen d'interrupteurs automatiques avec fusibles, afin d'éviter les surcharges aux différents points d'alimentation.

La Société anonyme des Tramways liégeois divise son réseau en trois parties distinctes alimentées chacune par une usine différente. Chacune de ces trois parties est à son tour divisée en zones qui jusqu'aujourd'hui restent isolées les unes des autres, mais qu'on a l'intention de réunir au moyen d'automatiques pour faciliter la localisation des défauts d'isolement et éviter ainsi une interruption sur tout le réseau dans le cas d'un accident à la ligne aérienne en un point déterminé.

La Société anonyme d'Entreprise générale de Travaux, à Liège, applique le système du sectionnement sur tous les réseaux qu'elle a équipés; elle motive son choix par la nécessité de n'arrêter que peu de lignes, lors d'un accident local. Elle préconise, surtout pour les réseaux à fort trafic, l'alimentation sans aucun sectionnement, la connection entre une section et l'autre pouvant être faite à l'aide d'un inter-

rupteur automatique. La section défectueuse s'isole ainsi d'elle-même et les interrupteurs automatiques de sectionnement, dont le fonctionnement est plus exact que celui des fusibles, peuvent même déclancher par suite de l'excès de charge sur une section, sans cependant interrompre le service; la section reste simplement isolée, jusqu'au moment où un contrôleur s'aperçoit du déclanchement et rétablit à bon escient, la normalité des choses. Ce système permet d'utiliser complètement, en temps normal, la section de cuivre employée pour le réseau d'alimentation et écarte au moment voulu, les inconvénients des réseaux non sectionnés.

Nous avons rapporté presque intégralement les avis donnés par les entreprises qui ont adopté ou qui se proposent d'adopter le système d'alimentation par secteurs réunis au moyen de déclancheurs automatiques parce qu'il nous a semblé y trouver l'indice d'une nouvelle tendance.

Comme nous l'avons d'ailleurs déjà fait remarquer, il est naturel que l'on ait commencé par adopter le système qui présente la plus grande sécurité dans le service en laissant en seconde ligne les autres facteurs. Par suite du développement du trafic et l'augmentation de voitures en service, la perte de tension entre le point d'alimentation et les limites de section qui, au début, n'était qu'un léger défaut économique, s'est depuis accentuée du chef de l'augmentation de l'ampérage et, dans certains réseaux même, il a été reconnu nécessaire de recourir à des dispositions spéciales plus simples et moins coûteuses que celle consistant à augmenter le nombre des fils d'alimentation. Il est donc naturel d'imiter dans la mesure du possible le système sanctionné par une longue pratique dans les réseaux d'éclairage, et de transformer les installations de tramways en réseaux à mailles fermées, dans lesquelles viennent s'uniformiser les charges entre les différents feeders et se réduire les pertes de tension; on réalise de la sorte une économie d'exploitation.

Ces conditions ne doivent nullement porter atteinte à la sécurité du service; le système employé doit plutôt viser à l'assurer davantage, en évitant les perturbations ordinaires par l'emploi d'interrupteurs automatiques, localisant automatiquement la recherche des défauts à une section restreinte.

Il nous semble donc que toute la question se réduit à l'étude ou plutôt à l'expérimentation de nombreux interrupteurs automatiques, à la recherche des modèles qui, dans une grande installation et dans les conditions pratiques du travail, répondront bien et sûrement à ce que l'on exige d'eux.

Si le résultat est favorable, on aura la certitude de pouvoir utiliser le système d'une façon efficace. Les interrupteurs automatiques pourront alors être insérés non seulement entre les secteurs afin de fermer électriquement les sections du réseau, mais aussi entre les différents tronçons des fils de trolley, afin qu'en cas de dégâts, les défauts se restreignent automatiquement à une section peu étendue.

La portée des interrupteurs automatiques est naturellement déterminée par leur rapidité d'action; il faut qu'ils fonctionnent avant que les fils de travail soient parcourus par un courant dont l'intensité puisse endommager ces conducteurs; le rôle protecteur et la dimension des appareils dépendent donc de la section du trolley.

\*  
\* \*

En ce qui concerne les avantages et inconvénients des deux systèmes d'alimentation dans les cas particuliers de deux réseaux de tramways alimentés par une même usine génératrice, les réponses peu nombreuses reçues penchent toutes pour le système de sectionnement afin de pouvoir déterminer la consommation de l'énergie au moyen de compteurs. Il est bien entendu que l'on présume dans ce cas qu'aucune zone ne comprend de lignes et de tronçons communs à deux services; la consom-

mation d'énergie, du moins pour les zones communes, devrait alors être déduite du nombre des voitures-kilomètres parcourus séparément sur les deux réseaux.

\* \* \*

L'étude des réponses au questionnaire nous conduit à conclure comme suit :

Le système d'alimentation par zones isolées, qui offre plus de garanties de sécurité dans le service, présente surtout les avantages suivants :

- a) il permet la localisation facile au point défectueux, en cas de dérangement ;
- b) il se prête à l'alimentation d'un secteur hors courant, par les secteurs adjacents ;
- c) il empêche les défauts qui se manifesteraient dans un secteur, d'influencer les secteurs voisins dans lesquels, sauf quelques restrictions, le service peut continuer.

Le système du non-sectionnement présente les avantages suivants :

- a) il répartit plus uniformément la charge et assure par conséquent une meilleure utilisation du cuivre, avantage qui se traduit par une moindre perte d'énergie ;
- b) il évite les surcharges momentanées dans les câbles d'alimentation.

Ces avantages ne compensent pas les graves inconvénients de la méthode et la condition de sécurité présentée par le système des zones isolées, doit faire donner la préférence à ce dernier.

Il serait hautement désirable que des expériences prolongées fussent faites afin de se rendre compte si, en pratique, l'emploi d'interrupteurs automatiques, éventuellement avec fusibles, dans un but de réunion des zones et des sections, ne donnerait pas les avantages des deux systèmes, sans en présenter les inconvénients relatifs, afin que l'on puisse dans la suite porter un jugement plus décisif sur le système d'alimentation de zones indépendantes réunies en service par des déclancheurs automatiques.

E. PIAZZOLI.

*Palerme, juillet 1906.*



# RAPPORT

de M. H. GÉRON, Directeur de la Société des Tramways de Cologne  
(en liquidation), Bruxelles.

sur la question suivante :

**Du gabarit des voitures de tramways urbains, spécialement  
au point de vue de la largeur.**

Lorsqu'une exploitation urbaine de tramways présente un trafic relativement intense, il est indispensable d'étudier spécialement la disposition des voitures au double point de vue du confort à donner aux voyageurs et surtout de la rapidité du service.

Cette question présente, pour une exploitation urbaine de tramways, une importance beaucoup plus considérable que pour une exploitation de chemins de fer, parce que les voyages étant de courte durée, l'entrée et la sortie des voyageurs sont, pour ainsi dire, continues.

Aussi ne suffit-il pas de faciliter l'accès et la sortie des voitures, d'installer de grandes plates-formes et de donner aux portes une largeur suffisante; il faut surtout, dans la création d'une voiture, porter toute son attention sur une disposition commode de l'intérieur même de la caisse. Il faut pour cela disposer d'une suffisante largeur intérieure et partant d'un couloir entre-bancs spacieux. Qui ne connaît les désagréments que ressent journellement le public, en cas de mauvais temps surtout, lorsque les voyageurs qui montent en voiture ou en descendent, sont obligés, dans des voitures trop étroites, de se faufiler en heurtant les genoux et en accrochant les parapluies des personnes assises !

Lorsque les tramways à traction animale firent leur apparition, il ne s'agissait pas de grandes vitesses, le trafic était peu intense et les voitures de dimensions réduites, de manière que cette question spéciale de confort ne présentait qu'une importance relative; mais, aujourd'hui que le trafic a considérablement augmenté, que les voitures sont d'une capacité plus grande et qu'un service intensif s'impose, il n'en est plus de même. Aussi voit-on toutes les exploitations de tramways créer des types de voitures mieux aménagés et les perfectionner sans cesse.

C'est afin d'inciter au progrès dans cette voie que le Comité de direction de notre Association a cru bien faire de porter cette question à l'ordre du jour du Congrès, en demandant aux membres de l'Union leur avis sur l'état de la question.

Au questionnaire adressé aux membres de l'Union, il a été répondu par 108 exploitations; ces réponses et les plans qui y étaient annexés, forment un dossier trop volumineux pour en permettre la reproduction. Aussi, le Comité de direction a-t-il dû se contenter de remettre le dossier au rapporteur, afin d'en faire une analyse. Notre Secrétariat se tient cependant à la disposition de ceux des membres qui désireraient obtenir des renseignements détaillés sur l'un ou l'autre point particulier.

Les données fournies en réponse au questionnaire confirment que, dans les dimensions à donner aux voitures, la largeur de celles-ci, à côté de leur longueur, est considérée comme le facteur le plus important.

Aussi, à quelques rares exceptions près, seule la largeur extérieure des voitures a été réglementée par l'acte de concession, tandis que pour la hauteur et les autres dimensions, il est généralement laissé aux exploitants toute latitude.

Il résulte des réponses reçues que pour les tramways urbains proprement dits, qui seuls font l'objet de notre étude, les plus grandes largeurs extérieures permises varient entre 2,0 m. et 2,2 m.; dans quelques cas cependant, cette largeur minimum autorisée descend jusque 1,95 m., voire même jusque 1.90 m.; dans d'autres cas, notamment, là où il s'agit de banquettes transversales ou d'autres conditions particulières, la largeur autorisée va parfois jusque 2,35 et même 2,40 m.

Presque tous les exploitants motivent les dimensions restrictives imposées à la largeur des voitures par suite du peu de largeur des artères empruntées et du souci d'entraver le moins possible la circulation générale des rues.

Les largeurs maxima les plus usuellement imposées sont 2,0 m., 2,1 m. et 2,2 m. Il y a lieu de remarquer ici que la différence de 10 à 20 cm. entre ces dimensions est relativement minime pour la largeur utile de la rue; elle est, au contraire, beaucoup plus importante pour la commodité qu'elle donne aux voitures.

Ces dimensions réduites imposées à la largeur des voitures expliquent la disposition, aujourd'hui généralement adoptée par les tramways urbains, de banquettes dans le sens de la longueur de la voiture, et il est à prévoir que, dans le cas où pour de nouveaux réseaux de tramways à construire une plus grande largeur de voiture serait autorisée, la préférence serait donnée aux banquettes transversales.

Cette appréciation semble d'ailleurs résulter des réponses reçues, car quelques exploitants, bien que la disposition longitudinale des banquettes leur ait donné satisfaction, font remarquer que, s'ils disposaient d'une largeur plus grande, ils donneraient la préférence aux banquettes transversales, disposition qui, notamment pour de longs parcours, est plus appréciée du public.

En ce qui concerne la largeur du couloir entre les banquettes, celle-ci présente généralement un minimum de 800 mm. dans le cas de banquettes longitudinales, et de 500 mm. dans le cas de banquettes transversales. Dans la pratique, cette largeur varie entre 800 mm. et 1,00 m. pour les voitures à banquettes longitudinales, et entre 450 mm. et 600 mm. pour les voitures à banquettes transversales.

Dans la suite, nous extrayons des réponses reçues quelques renseignements caractéristiques.

La largeur extrême des voitures de la Grande Compagnie des Tramways de Berlin (Grosse Berliner Strassenbahn) est de 2,00 m.; pour les voitures ouvertes cependant, qui comportent des marchepieds courant sur toute leur longueur, cette

largeur a été portée à 2,20 m., et pour les voitures à banquettes transversales, qui sont des voitures dites à transformation (Convertibles Cars), à 2,15 m. La largeur du couloir entre-bancs varie entre 800 mm. et 830 mm. pour les voitures à banquettes longitudinales, et entre 500 mm. et 520 mm. pour les voitures à banquettes transversales. De plus grandes dimensions transversales ne pourraient être obtenues que grâce à une augmentation de l'entrevoie; car sinon les voitures se rencontreraient dans le passage des courbes; de plus, même dans les alignements, l'augmentation de largeur ne laisserait plus entre le gabarit de deux voitures venant à se croiser, qu'un intervalle si réduit qu'il y aurait danger.

A Bruxelles, la largeur extérieure permise est de 2,2 m.; les voitures ouvertes qui sont en usage sur ce réseau, comportent cette dimension entre les arêtes extérieures des marchepieds longitudinaux; la largeur du couloir de ces voitures à banquettes transversales est de 450 mm., quant aux voitures fermées, la largeur extérieure est de 2,05 m., pour une largeur de couloir entre bancs longitudinaux de 785 mm.

Marseille emploie des voitures de 2,00 m., de largeur extérieure, la largeur du couloir entre bancs y est de 810 mm. pour les voitures à banquettes longitudinales, et de 410 mm., pour les voitures à banquettes transversales; les voitures de Gand et Bordeaux comportent également une largeur extérieure de 2,00 m., avec couloir de 790 mm.; par contre, les voitures de Zurich, pour une même largeur extérieure de 2,00 m., comportent un couloir de 850 mm.

Les voitures de Cologne, dont la largeur maxima est de 2,10 m., comportent un couloir de 840 mm. et de 510 mm., suivant que les voitures sont à banquettes longitudinales ou transversales. Pour la même largeur autorisée de 2,10 m., les voitures de Riga possèdent un couloir de 880 mm. respectivement de 475 mm.; celles de Munich de 900 mm. et celles de Lyon de 960 mm., respectivement de 580 mm., entre banquettes transversales. A Dresde et à Liège, où les voitures sont à banquettes transversales et comportent une largeur extérieure de 2,15 m., la largeur du couloir varie entre 520 mm. et 610 mm. A Grenade, les largeurs de la voiture et du couloir sont respectivement de 2,05 m. et 450 mm.; à Amsterdam, de 2,08 m. et 800 mm.; à Francfort-sur-Mein, de 2,06 m. et 820 mm.; à Copenhague, de 2,10 m. et 820 mm.; à Christiania et Bâle, de 2,00 m. et 800 mm.

Les tramways d'Anvers, auxquels une largeur extérieure de 2,20 m. a été consentie, comportent des banquettes transversales avec une largeur de couloir de 450 mm. Cette exploitation, qui utilise toute la largeur autorisée, voudrait voir cette largeur de 2,20 m., — quoique lui donnant toute satisfaction — légèrement augmentée. Ces quelques données montrent à quelle hétérogénéité a conduit l'utilisation de la largeur maxima autorisée.

Presque toutes les exploitations qui ont répondu au questionnaire sont d'accord pour préconiser une largeur de caisse aussi grande que possible, dans le but de faciliter l'accès et la sortie des voyageurs et d'obtenir un plus grand confort pour le public ainsi que pour le personnel desservant.

Mais, dans la plupart des exploitations de tramways, le désir de donner aux voitures une plus grande largeur ne pourrait — même en écartant les autres considérations qui s'y opposent, — être réalisé par suite du manque de largeur de l'entre-voie, surtout dans les courbes. Aussi, dans ces conditions, n'est-il possible d'augmenter la largeur utile de la voiture qu'en réduisant autant que possible toutes les parties saillantes de la caisse, telle que marchepieds, moulures, etc.

En résumé, les renseignements reçus en réponse au questionnaire et les considérations que nous développons ci-dessus, nous conduisent à conclure qu'il y aurait lieu aujourd'hui, dans l'intérêt public, de voir la largeur maxima des voitures de tramways urbains portée à 2,10 m. et 2,20 m. et si possible même jusque 2,30 m., afin de permettre l'emploi de banquettes transversales.

Lorsque, pour de nouvelles lignes à créer, la largeur des artères existantes empruntées ne permet pas la largeur maxima de 2,10 m., il y aurait lieu, pour obtenir cette largeur, de ne pas reculer devant quelques légers travaux de transformation dans les parties les plus étroites de la rue; ce n'est que dans le cas d'absolue nécessité que les avantages présentés par une caisse de voiture suffisamment large, pourraient être sacrifiés.

Là où la largeur de la voiture devrait être limitée à 2,00 m., il y aurait lieu de réduire autant que possible, au profit de la largeur intérieure de la caisse, toutes les parties saillantes de la voiture, telles que marchepieds, moulures, etc.

H. GÉRON.

*Bruxelles, juillet 1906.*

---



# RAPPORT

de M. H. DUBS, Directeur des Tramways de Marseille

sur la question suivante :

**Construction des voies dans les réseaux de Tramways urbains  
(Infrastructure et superstructure).**

---

*Tracé.* — Le choix du tracé et de la disposition des voies dans les réseaux de tramways urbains constitue incontestablement une des questions les plus importantes de la construction, en raison de l'influence que les solutions adoptées exerceront sur l'exploitation au point de vue de la régularité du service et de sa sécurité, des facilités offertes au public pour l'accès des voitures et enfin de la vitesse commerciale praticable sur le réseau.

La réalisation d'une vitesse commerciale élevée, devient de plus en plus le desideratum principal des exploitants, non seulement parce qu'un service accéléré augmente sensiblement le trafic des voyageurs, mais surtout parce que l'augmentation de la vitesse commerciale permet de mieux utiliser le matériel et le personnel et d'obtenir ainsi une diminution des dépenses par unité de parcours.

Ce facteur est d'autant plus important que les charges fixes des réseaux : impôts, assurances, etc., ont une tendance très marquée à augmenter constamment, comme le font aussi les salaires du personnel, et qu'il importe donc de tirer la quintessence de travail d'un outillage de plus en plus coûteux.

En fait, on connaît des réseaux primitivement improductifs qui sont arrivés à un rendement normal par le seul fait de l'augmentation de la vitesse commerciale, justifiant ainsi l'opportunité de tenir compte de ce facteur dans le choix des tracés et dispositions à adopter pour les voies.

Dans cet ordre d'idées, les voies uniques avec évitements tendent de plus en plus à être abandonnées en faveur des voies doubles, sur toutes les lignes où l'intensité du service atteint 10 à 8 minutes. Comme on ne dispose pas toujours d'une largeur de rue suffisante pour la pose d'une double voie, on a adopté dans certaines villes la solution consistant à emprunter des rues parallèles peu distantes les unes des autres, chacune d'elles étant parcourue dans un seul sens.

L'usage de voies en boucle aux extrémités des lignes urbaines à grand trafic tend également à se généraliser, en raison des facilités que cette disposition offre pour le service, en supprimant toute manœuvre dans le cas de voitures avec remorques.

Quant à la disposition des voies sur les chaussées, les conditions locales ne permettent malheureusement pas toujours d'adopter les solutions qui répondraient le mieux aux desiderata des exploitants, et dans la plupart des cas, le nombre des solutions possibles est même très limité. Bien qu'à cet égard les réponses au questionnaire ne soient pas très complètes, il est permis de dire que l'on recherche en général, dans les rues très fréquentées, les dispositions qui s'accordent le mieux avec les besoins de la circulation du charroi ordinaire, au détriment quelquefois des facilités d'accès aux voitures. Les exploitants reconnaissent en effet qu'en gênant la circulation ordinaire, ils sont les premiers à en subir les conséquences, et que le fonctionnement régulier des tramways ne peut être assuré qu'en respectant les courants de circulation créés par le charroi.

Dans cet ordre d'idées, on semble rechercher le plus possible l'installation des deux voies au milieu de la chaussée; c'est, en effet, celle qui régularise le mieux le charroi et le gêne le moins. L'inconvénient de cette disposition réside dans la difficulté que le public éprouve à accéder aux voitures, surtout dans les rues très fréquentées. Cet inconvénient peut être atténué dans une certaine mesure par l'emploi de refuges latéraux aux points d'arrêt, ou bien, en écartant suffisamment les voies pour permettre de placer ces refuges dans l'entrevoie, refuges qui portent généralement le poteau central avec double console. Afin de ne pas encombrer la chaussée par ces installations, on a adopté à Marseille dans les artères centrales une disposition spéciale, comportant un refuge avec poteau central tous les 80 mètres seulement, la suspension intermédiaire de la ligne aérienne étant réalisée sur les 40 mètres au moyen d'un hauban soutenu par deux poteaux latéraux.

Cette disposition, dans laquelle un poteau central alterne avec une suspension par hauban, donne un aspect très dégagé tant à la chaussée qu'à la ligne aérienne.

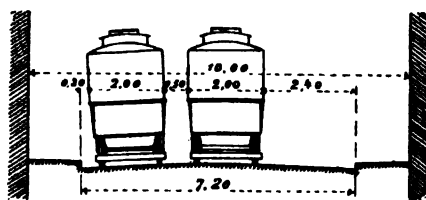
Lorsque la chaussée n'a pas la largeur suffisante pour recevoir les deux voies au centre, on est obligé de les placer sur l'un des côtés, en y supprimant le stationnement des voitures ordinaires. Cette disposition, qui se rencontre très fréquemment, présente en somme moins d'inconvénients qu'on serait tenté de le croire au premier abord. Il n'en est pas de même des voies uniques placées sur l'un des côtés dans les rues très étroites, si ces voies sont empruntées dans les deux sens, car dans ce cas, la fréquence du passage des voitures gêne considérablement les riverains, de même que le charroi se trouve dérangé par les voitures marchant à contre-sens.

On préfère donc toujours placer les voies uniques dans l'axe de la chaussée, en réservant de chaque côté l'espace pour le stationnement, partout où la chose est possible.

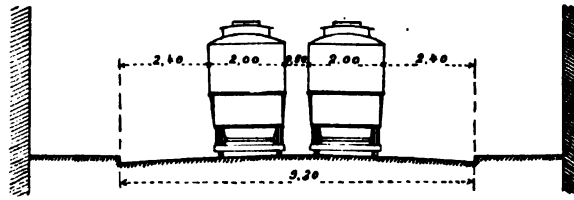
Sur les larges avenues des grandes villes, des solutions très variées ont été adoptées; la plus élégante est sans contredit celle de Charlottenburg (Hardenbergstrasse) où les deux voies occupent le centre d'une chaussée de 27 m. sur une plateforme spéciale, et sont séparées de l'espace disponible pour la circulation ordinaire par deux terre-pleins gazonnés. Le seul inconvénient de cette disposition réside dans la difficulté d'accès des voitures de tramways les jours de forte circulation des voitures ordinaires.

Dans les grandes villes de France, les avenues comportent fréquemment une chaussée centrale et deux chaussées latérales, séparées entre elles par un terre-plein-promenade planté d'arbres.

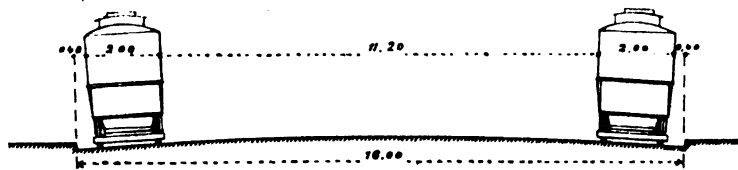
Les chaussées latérales reliées à la chaussée centrale de distance en distance par des rues transversales coupant les terre-pleins, sont utilisées principalement pour la desserte des immeubles riverains et pour le stationnement, les voies de tramways sont alors placées sur les côtés de la chaussée centrale, le long des terre-pleins-promenade, ce qui rend les voitures d'un accès très facile. Cette disposition très avantageuse, surtout lorsque les voies peuvent être placées sur banquette spéciale, présente malheureusement un certain danger pour les piétons, si les arbres des



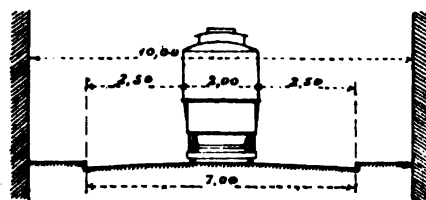
Voie double sur côté.



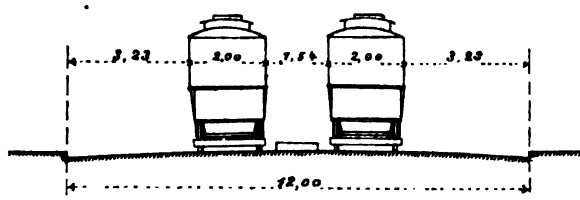
Voie double sur l'axe.



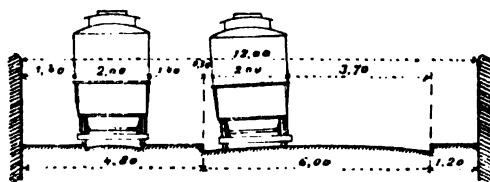
Voie double sur côtés latéraux.



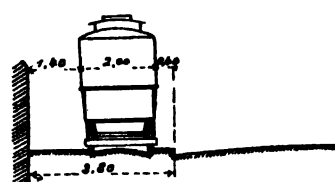
Voie simple sur l'axe.



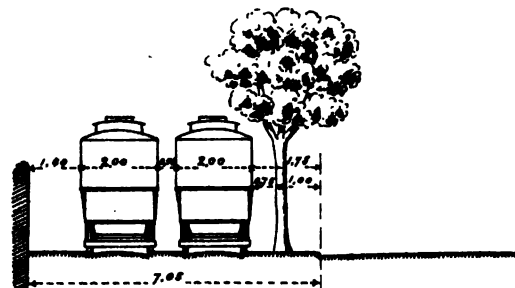
Voie double avec refuge central.



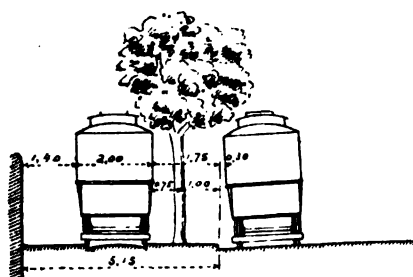
Voie double avec voie sur chaussée et sur accotement.



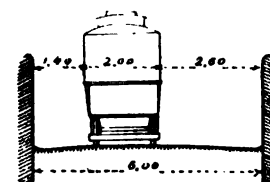
Voie simple sur accotement.



Voie double sur accotement.



Voie double avec voie sur chaussée et sur accotement.



Voie simple sur chaussée.

Fig. 1 à 10. — Profils type des Tramways de Marseille.

terre-pleins ne sont pas à une distance d'au moins 1 m. 50 des bordures et masquent ainsi la vue aux conducteurs des tramways.

Pour ce qui concerne les distances à observer entre le matériel roulant et la bordure des trottoirs des rues empruntées, les réseaux de certains pays sont dispensés de se conformer à une réglementation administrative, et disposent ainsi de quelque latitude; il est à remarquer toutefois que la plupart de ces réseaux ont adopté des dispositions se rapprochant très sensiblement de celles prescrites dans les réseaux soumis à une réglementation.

Le cahier des charges type, annexé à toute concession de tramways en France, prescrit les distances suivantes, que l'on considère en général comme très rationnelles et facilement réalisables :

Distance minima à observer entre deux véhicules se croisant . . . . .	50 cm.
Distance minima de l'arête du matériel roulant à la bordure du trottoir :	
a) lorsque le stationnement est supprimé . . . . .	30 cm.
b) lorsque l'on réserve le stationnement . . . . .	260 cm.
peut être réduit exceptionnellement à . . . . .	240 cm.
Distance minima du matériel roulant à la limite des propriétés riveraines.	140 cm.
Distance minima du matériel roulant à un obstacle isolé, arbre, poteau, pile de pont, etc. . . . .	75 cm.

Les figures 1 à 10 donnent les profils type des Tramways de Marseille, résultant des prescriptions précitées et les figures 11 à 17, à titre de comparaison, les profils type des Tramways de Berlin.

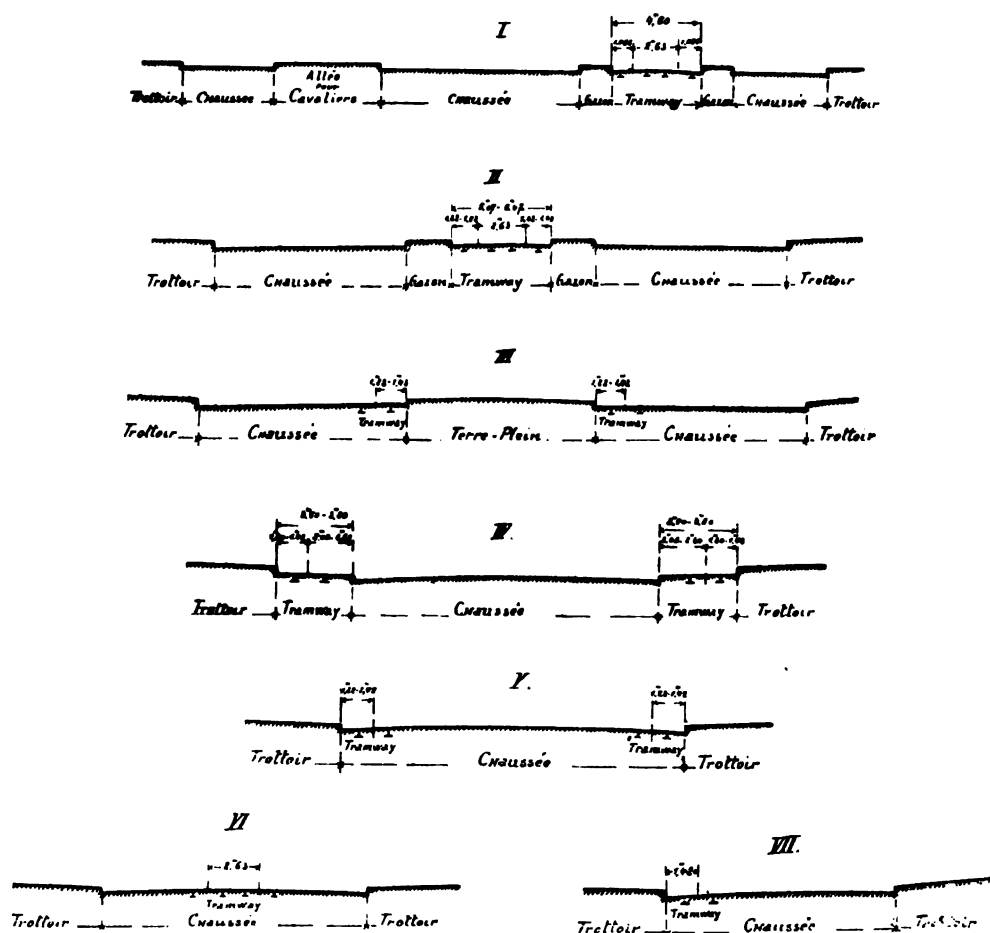


Fig. 11 à 17. — Profils type des Tramways de Berlin.

L'observation de la prescription relative à la distance à conserver entre deux voitures de tramways se croisant, conduit forcément à l'augmentation de l'entrevoie dans les courbes. Cette disposition semble d'ailleurs se généraliser de plus en plus, même dans les réseaux non soumis à une réglementation administrative; elle est du reste absolument rationnelle, car si l'on admet la nécessité de conserver, au point de vue de la sécurité, un intervalle minimum entre deux voitures se croisant en ligne droite, il n'y a aucune raison pour ne pas le faire aussi en courbe. Il est vrai que les dispositions locales ne permettent pas toujours l'agrandissement de l'entrevoie, mais on fera toujours bien, dans ce cas, de la réaliser dans la mesure du possible.

D'une manière générale, on peut admettre que les difficultés avec lesquelles les exploitants ont eu à lutter jusqu'ici pour l'installation rationnelle des voies dans les réseaux urbains, se rencontreront de moins en moins dans l'avenir. En effet, presque toutes les villes susceptibles de faire vivre un réseau de tramways sont actuellement munies de ce système de transport en commun, tout au moins dans leur partie centrale; les constructions nouvelles porteront donc principalement sur les voies publiques des faubourgs et banlieues, où les chaussées, d'origine plus récente, sont généralement mieux tracées que dans l'agglomération, ou bien il s'agira de rues entièrement neuves ou redressées, pour l'établissement desquelles les municipalités tiendront compte dans une large mesure des besoins spéciaux du tramway, tant pour ce qui concerne le nivellement que pour la largeur des chaussées.

Les véritables tours de force réalisés dans certains réseaux, sous forme de rampes de 9, 10 et 11 ‰, de courbes de 15 et même de 14 m. de rayon, de voies uniques avec évitements prenant toute la largeur de la rue, etc., ne nous semblent donc présenter à l'heure actuelle qu'un intérêt rétrospectif, ce qui nous permet de ne pas nous y arrêter plus longtemps : nous nous bornerons seulement à constater que, grâce à la merveilleuse souplesse de la traction électrique, toutes ces difficultés de tracé n'ont, en général, pas donné lieu à des inconvénients trop graves au point de vue d'exploitation.

La question du surécartement de la voie et de l'élargissement de la gorge des rails dans les courbes de faible rayon qui fait l'objet de bien des controverses, nous semble pouvoir être tranchée sur la base des réponses soumises à notre examen.

Il résulte en effet de ces réponses, que si certains exploitants maintiennent en courbe la largeur normale de la gorge des rails et de la voie, ou rétrécissent même légèrement cette dernière dans le but de faire appuyer les boudins des deux roues en huit points contre les roulements et contre-rails respectifs et de diminuer ainsi l'usure en la répartissant également sur les rails et contre-rails, la grande majorité se prononce en faveur de l'élargissement de la voie et de l'ornièrè, dont la nécessité est d'ailleurs démontrée par l'analyse théorique du problème, faite par plusieurs spécialistes et en particulier par M. Max Dietrich (1) de Stettin.

On conçoit, du reste, très bien qu'au-dessous d'un certain rayon de courbure, et pour un empattement, un diamètre des roues et une hauteur de boudin donnés, les boudins ne puissent plus se loger dans l'ornièrè de dimension normale, et que le passage de la voiture ne puisse se faire qu'au prix d'un effort considérable.

Pour réaliser le contact sur quatre points extérieurs seulement avec un jeu de 4 mm. du côté intérieur de la courbe, M. Max Dietrich déduit de ses formules les cotes indiquées au tableau suivant, pour le cas où :

l'empattement de la voiture . . . . .	1,80 m.
le diamètre des roues . . . . .	0,80 »
la hauteur du boudin . . . . .	0,02 »
l'épaisseur du boudin . . . . .	0,02 »

---

(1) Voir *Eisenbahntechnische Zeitschrift*, 12<sup>e</sup> année, nos 1 à 6.

L'écartement des roues (surface intérieure) :

pour voie de 1 mètre . . . . .	0,95 m.
pour voie normale . . . . .	1,385 »

RAYON DE COURBURE (rail intérieur)	VOIE DE 1 MÈTRE			VOIE NORMALE		
	Ecartement	Gorge intérieure	Gorge extérieure	Ecartement	Gorge intérieure	Gorge extérieure
	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m
15 m.	1007	39	38	1441	30	38
20 m.	1004	35	35	1439	35	35
25 m.	1002	33	33	1437	33	33
30 m.	1001	32	31	1436	32	31
40 m.	1000	30	30	1435	30	30

L'auteur fait remarquer qu'en pratique, si l'on se contente pour les deux rails de l'élargissement de la gorge indiqué par le tableau pour le rail extérieur — ce qui revient à réduire un peu l'espace libre dans la gorge intérieure, — l'élargissement de la gorge sera sensiblement égal, pour une gorge normale de 30 m/m, au surécartement nécessaire dans la voie.

En fait, un grand nombre de réseaux ont adopté pour les courbes des rails à gorge élargie, en adoptant généralement pour la gorge une largeur de 35 mm., employée uniformément dans toutes les courbes d'un rayon inférieur à 40 m.

Les figures 18 et 19 donnent les profils de rails pour courbe en usage dans les réseaux de Lyon et de Marseille; la figure 20 donne le profil du rail pour courbe à Glasgow, dans lequel on a renforcé le contre-rail pour permettre l'élargissement de la gorge par simple usure.

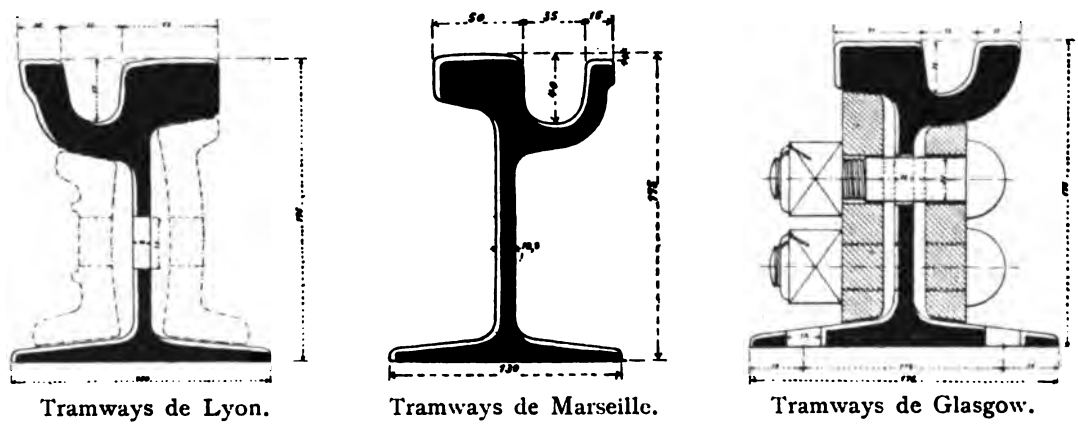


Fig. 18 à 20. — Profils de rail pour voie en courbe.

Dans les superstructures à rails composés : Haarmann, Marsillon, etc., l'élargissement de la gorge est facilement réalisable par l'emploi de cales plus épaisses entre rail et contre-rail; à Marseille, pour certaines courbes de très faible rayon (14 m.) nécessitant une gorge de 40 mm., on a assemblé deux rails à patin au moyen de fourrures spéciales. (Voir fig. 21.)

Pour ce qui concerne la surélévation du rail extérieur dans les courbes, la plupart des réseaux considèrent cette mesure comme très désirable et regrettent que le dévers des chaussées ne permette pas toujours de l'appliquer.

Il nous semble que l'on attribue une importance un peu exagérée à cette question et qu'il y a lieu, dans tous les cas, de faire une distinction entre les courbes de rayon moyen situées en pleine ligne, susceptibles d'être prises en vitesse et celles des carrefours, généralement de faible rayon et où la vitesse des voitures est forcément ralentie.

Pour les premières, la surélévation du rail extérieur, exécutée suivant les formules courantes des chemins de fer, sera appliquée avec avantage partout où il est possible de le faire.

Pour les secondes, au contraire, la surélévation n'est pas d'une grande utilité; elle peut même présenter de sérieux inconvénients en rendant plus difficile la construction des croisements de voie et en soumettant le châssis des voitures à des effets de torsion nuisibles, les tronçons de raccordement n'ayant pas toujours la longueur nécessaire pour assurer un passage graduel de la voie plane à la voie en dévers.

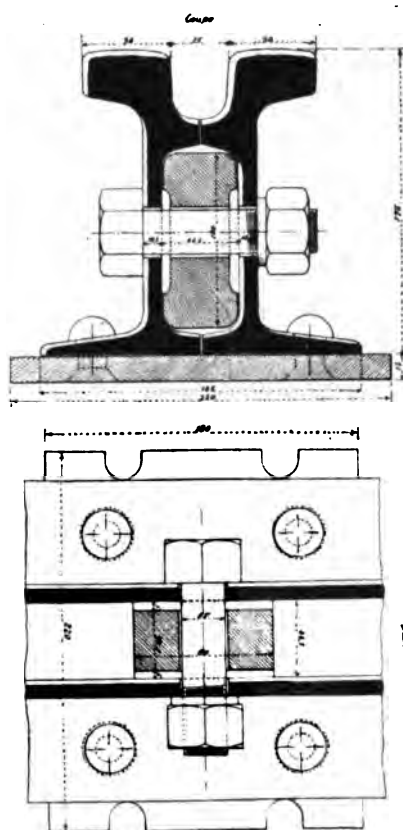


Fig. 21. — Tramways de Marseille.  
Assemblage  
de double rail à gorge de 35 mm.

*Infrastructure des voies.* — Il ne nous paraît pas exagéré de dire que peu d'organes constitutifs d'une installation de tramways ont fait l'objet d'autant d'essais et de tâtonnements que l'infrastructure des voies. En fait, cette partie de l'installation a reçu les dispositions les plus variées, généralement justifiées par la nature du sous-sol, le système de superstructure et de couverture de la chaussée employés ou par d'autres conditions locales, et qui, en règle générale et à en juger par les réponses faites au questionnaire, semblent toutes se comporter d'une manière relativement satisfaisante.

Pour ce qui concerne la consolidation du sous-sol, indispensable pour les terrains vaseux, argileux ou mal tassés, le système le plus répandu et employé indistinctement dans tous les pays est celui du hérisson de pierres brutes d'une hauteur de 20 à 25 cm., s'étendant sur 40 à 50 cm. de largeur sous chaque rail et qui remplit le double but de répartir la charge et d'assurer dans une certaine mesure le drainage de la forme. Ce système semble donner toute satisfaction dans la plupart des réseaux qui l'emploient, notamment pour les voies posées dans un pavage de pierre ou dans une chaussée empierrée. Il est parfois remplacé par une couche perméable de scories bien arrosées et pilonnées, s'étendant sur toute la largeur de la voie et établie à une profondeur variable; cette solution relativement économique donne des résultats satisfaisants, notamment dans le cas de terrains insuffisamment tassés. Enfin, dans certains réseaux, on a consolidé le sous-sol par un encoffrement de ballast cylindré s'étendant sur toute la largeur de la voie et d'une épaisseur variant de 20 à 30 cm.

Lorsque la couverture de la chaussée est constituée par un dallage en asphalté ou un pavage en bois, nécessitant une assise en béton, on préfère généralement, pour la consolidation du sous-sol, remplacer le hérisson de pierres brutes par une

plate-forme en béton maigre s'étendant sur toute la largeur de la voie, afin d'éliminer toute chance de tassement et de rendre plus homogène l'ensemble de la construction.

Ces bétonnages inférieurs, soumis en somme à des efforts peu importants, peuvent être exécutés avec un dosage relativement faible.

Quant à la forme proprement dite de la voie, son mode d'exécution varie considérablement suivant les pays et les villes, et pour cette partie de la construction, les usages locaux semblent intervenir au moins autant que les considérations techniques, d'ailleurs souvent très personnelles, des exploitants.

Si la longrine en béton ou la plate-forme complète en béton est très en vogue en Allemagne, en Belgique, en Angleterre et dans les pays scandinaves, qui semblent donner la préférence à une assise aussi rigide que possible de la voie ferrée, un grand nombre de réseaux de France, d'Espagne et d'Italie s'en tiennent encore aux constructions primitives dans lesquelles la forme est constituée par des matériaux plus ou moins élastiques, tels que ballast, gravier fin ou sable, simplement bourrés sous les rails, l'assise en béton n'étant employée que pour les voies devant recevoir une couverture monolytique ou de luxe, telles qu'asphalte ou pavage en bois.

Les réponses au questionnaire étant généralement plus descriptives que justificatives, il est assez difficile de se prononcer sur la valeur comparative de ces deux systèmes d'assise essentiellement différents qui ont tous deux leurs partisans et qui semblent convenir également bien dans la plupart des cas.

De l'ensemble des réponses exprimées, il nous paraît cependant se dégager cette impression que les réseaux qui emploient l'assise élastique se plaignent en général moins de cette partie de leur installation que ceux qui font usage d'une assise rigide.

Dans un grand nombre de ces derniers, on a constaté notamment une désagrégation plus ou moins importante du béton des longrines sous les joints, même dans le cas où les rails ne reposent pas directement sur le béton et sont placés sur une semelle en béton d'asphalte, sur des plaques d'asphalte comprimé, des cales en bois ou en feutre, interposés dans le but de rendre moins dur et moins sonore le roulement des voitures.

A en juger par les innombrables essais qui ont été tentés pour la consolidation des joints, il nous semble permis d'affirmer que l'emploi de l'assise rigide ne diminue pas sensiblement les difficultés que l'on éprouve un peu partout à maintenir les joints en bon état de conservation. D'un autre côté, la consolidation d'un joint affaissé sur une voie avec assise élastique peut incontestablement se faire avec plus de facilité et avec moins de frais que dans le cas d'une assise rigide, puisque dans le premier cas, il s'agira d'un simple bourrage, alors que dans le deuxième, la réparation de la longrine désagrégée nécessitera une réfection relativement importante, d'ailleurs assez difficile à exécuter en cours d'exploitation.

Le grand ennemi de nos voies, c'est la vibration, aussi n'est ce pas sans raison que les adeptes de l'assise élastique invoquent comme principal avantage de leur mode de construction, la réduction notable des vibrations qui en résulte, réduction dont on peut se convaincre facilement en comparant le bruit occasionné par le passage des voitures sur une voie avec assise élastique avec celui que donne une assise rigide.

La pratique des voies de chemins de fer a d'ailleurs démontré depuis bien longtemps qu'une certaine élasticité de la voie est absolument indispensable pour la bonne conservation de la forme ainsi que de celle des assemblages de la superstructure, et bien que nos conditions d'exploitation ne soient pas les mêmes, il paraît logique de tenir compte de l'expérience acquise par nos grands frères.

Nous serions heureux de voir les adeptes de la forme rigide apporter leurs arguments au cours de la discussion de cette question, qui nous paraît présenter un réel intérêt au point de vue de l'orientation future de nos efforts, dans la construction des voies pour tramways urbains.



Partisan résolu de la forme élastique, nous estimons que la forme rigide ne devrait être employée que dans les chaussées avec couverture de luxe, telles que dallage asphalté, pavage en bois ou pavage en grès vitrifié. Dans ce cas là, il est indispensable en effet d'emprisonner la voie ferrée dans l'ensemble de la forme et de la couverture avec lesquelles elle doit faire bloc, en vue d'éviter les dislocations qui ne manqueraient pas de se produire dans la couverture si la voie conservait ses vibrations propres.

Les réponses au questionnaire sont d'ailleurs très suggestives au point de vue des difficultés qui ont été éprouvées dans ce genre de construction, mais nous ne nous y arrêterons pas plus longtemps, notre honorable confrère rapporteur, M. Busse, nous paraissant mieux qualifié que nous-mêmes pour traiter ces questions.

Nous nous bornerons à constater que la vibration des voies posées sur longrines ou sur plate-forme en béton, a occasionné de nombreuses difficultés qui n'ont pu être surmontées complètement par l'emploi de semelles en béton d'asphalte de 3 à 5 centimètres d'épaisseur, de plaques d'asphalte ou de feutre, de cales en bois et que des résultats plus satisfaisants ont été obtenus au moyen d'ancrages de la voie noyée dans le béton tous les 2 à 3 mètres. Certaines de ces constructions, soi-disant perfectionnées, avec une foule d'organes accessoires, font de l'infrastructure un véritable édifice et doivent être affreusement coûteuses comme établissement et comme entretien.

La composition du béton est assez variable suivant les réseaux, mais tous sont unanimes au sujet de la nécessité de n'employer que des matériaux de première qualité, et de ne tolérer le réemploi des vieux matériaux que pour des constructions d'importance secondaire et sous certaines conditions.

Quant aux formes élastiques, elles sont constituées soit par du ballast concassé (anneau de 6 centimètres), soit par du gravier, soit enfin par du sable, assez fréquemment aussi, par une combinaison de ces matériaux, employés en couches successives.

L'épaisseur de la forme est variable, mais dépasse rarement 25 centimètres; elle est rarement inférieure à 15.

L'emploi de gros ballast et de petit gravier ne semble recommandable que dans le cas de chaussées empierrées, tandis que pour les chaussées pavées, le sable est employé de préférence. Il y a toujours avantage à donner la plus grande homogénéité possible à la forme, et, à ce point de vue, l'emploi de matériaux de qualité et de nature différentes devrait être évité en raison des tassements, qui ne manquent pas de se produire lorsque, par exemple, le sable employé en bourrage repose sur une couche de gros ballast dans les interstices duquel il finit par s'introduire sous l'influence des eaux superficielles et des chocs de la voie ferrée, dégarnissant ainsi le patin du rail.

Une forme en sable bien grenu, quartzeux et bien lavé, employé sur une épaisseur de 20 centimètres, donne une assise d'une élasticité remarquable, qui se maintient pendant de longues années et dont les avantages n'ont pas toujours été appréciés à leur juste valeur.

On reconnaît en général l'utilité de garnir de béton ou de sable le vide existant entre l'âme du rail et les pavés adjacents et d'abreuver au coulis de ciment ces mêmes pavés en vue d'éviter la désagrégation de la forme par les eaux de surface; le seul inconvénient de cette mesure est de rendre plus difficile le relevage des pavés usés par le charroi, relevage qui doit se faire assez fréquemment dans les rues à circulation intensive.

Pour ce qui concerne les avantages et les inconvénients des différents genres de couverture des chaussées empruntées par les voies, il est permis de conclure des réponses soumises à notre examen, que le simple empierrement (macadam) n'a d'autre avantage que son faible prix de revient, et ne peut être employé que sur les lignes exemptes d'une circulation charretière intensive. Non seulement il est à peu

près impossible d'éviter la formation d'ornières le long des rails, ornières qui peuvent être la cause de nombreux accidents, mais le dégarnissage qui en résulte, ébranle sérieusement la voie et compromet ainsi la solidité de ses assemblages.

Le pavage en pierre, de qualité dure de préférence, est au contraire considéré comme le meilleur système de couverture, tant au point de vue des facilités de circulation que de la conservation de l'assiette de la voie. Son prix de revient est évidemment assez élevé, notamment dans le cas de pierre dure : granit, porphyre, basalte, etc. ; aussi a-t-on employé fréquemment, avec succès, des pavages mixtes, comportant de la pierre dure le long des rails et de la pierre plus tendre, du grès par exemple, pour le reste de la surface de la voie et de la chaussée. Cette solution diminue sensiblement le prix de revient du pavage et ne présente aucun inconvénient pratique, l'usure restant à peu près régulière malgré l'emploi de deux qualités différentes de pierre.

Parmi les couvertures que l'on pourrait appeler « de luxe », la préférence est donnée au pavage en bois, qui, exécuté soigneusement, se comporte très bien dans les voies et ne s'use pas d'une façon exagérée. Au point de vue de l'usure, on préfère généralement les pavés de bois dur (bois d'Australie) qui gonflent aussi beaucoup moins sous l'influence de l'humidité que les pavés de bois tendre, mais on leur reproche de devenir très glissants dans certaines conditions atmosphériques. Comme d'autre part leur prix est assez élevé, l'emploi des pavés de bois tendre imprégné, tend à se généraliser dans nos pays, et notamment à Paris, où un très grand nombre de voies de tramways sont munies de ce système de couverture. Le gonflement des pavés de bois tendre, qui a souvent entraîné des déformations de la voie ferrée, peut être évité en ménageant des joints suffisamment larges, et en employant pour leur garnissage un coulis de brai suffisamment élastique.

Une unanimité touchante se manifeste à l'égard des dallages en asphalté, qui semblent être devenus un véritable cauchemar pour les exploitants de tramways. Il est de fait que ce genre de couverture a occasionné partout de sérieuses difficultés au point de vue de la conservation du dallage le long des rails. La désagrégation du dallage, due à la vibration des rails, se manifeste au bout d'un temps relativement court, aussi bien avec l'asphalté coulé qu'avec l'asphalté damé (quoique cependant un peu moins pour le premier) ; dans un grand nombre de réseaux, après une série d'essais et de tâtonnements, on est arrivé à considérer l'interposition entre l'asphalté et le rail d'une rangée de pavés en bois comme le seul remède aux difficultés constatées.

Cette solution complique évidemment beaucoup la construction et, plutôt que de l'adopter, de nombreux réseaux préfèrent supporter les frais de la réfection à intervalles rapprochés du dallage en asphalté. Si des « arrangements » à ce sujet sont intervenus dans certaines villes entre les exploitants de tramways et les entrepreneurs chargés de l'entretien des dallages, ces arrangements semblent avoir consisté, dans la plupart des cas, à faire supporter les dépenses de réfection aux exploitants, qui s'exécutent de bonne grâce, leur conscience n'étant pas très tranquille au sujet de la stabilité de leur voies.

*Superstructure.* — Notre honorable collègue-rapporteur M. Busse, ayant étudié plus spécialement les voies et systèmes de joints en usage en Allemagne, nous nous bornerons à traiter les genres de construction les plus courants en France, où cette question est d'ailleurs loin d'avoir atteint le même développement.

Les aciéries françaises — il est regrettable d'avoir à le constater, — n'ont encore fait que peu d'efforts pour se mettre à la portée des compagnies de tramways qui ont tout au plus le choix entre une douzaine de profils de rails modernes, alors qu'en Allemagne, en Belgique et en Angleterre, les aciéries sont à même de répondre aux besoins les plus variés.

Les anciennes voies Marsillon et Humbert qui étaient employées sur les réseaux à traction animale, sont remplacées au fur et à mesure de leur usure par des voies avec des rails à patin, dont il existe actuellement quelques profils satisfaisants, notamment le rail R M de 51 kg. (Marseille), le rail Broca de 50 kg. (Lyon et Paris) et le rail R R de 42 kg. (Marseille, Le Havre, Nancy, Orléans).

Ces profils sont établis d'après les règles modernes pour ce qui concerne la hauteur, la largeur du patin, la profondeur de la gorge, la largeur de la surface de roulement et la dénivellation de quelques millimètres entre le rail et le contre-rail; ils sont exécutés pour les voies en courbe avec une gorge de 35 mm. et on peut les considérer comme typiques pour les nouvelles constructions.

Les figures 22 à 28 montrent les profils de rails en usage dans les réseaux de Bruxelles, de Barcelone, de l'Est parisien, de Lyon, de Glasgow et de Marseille.

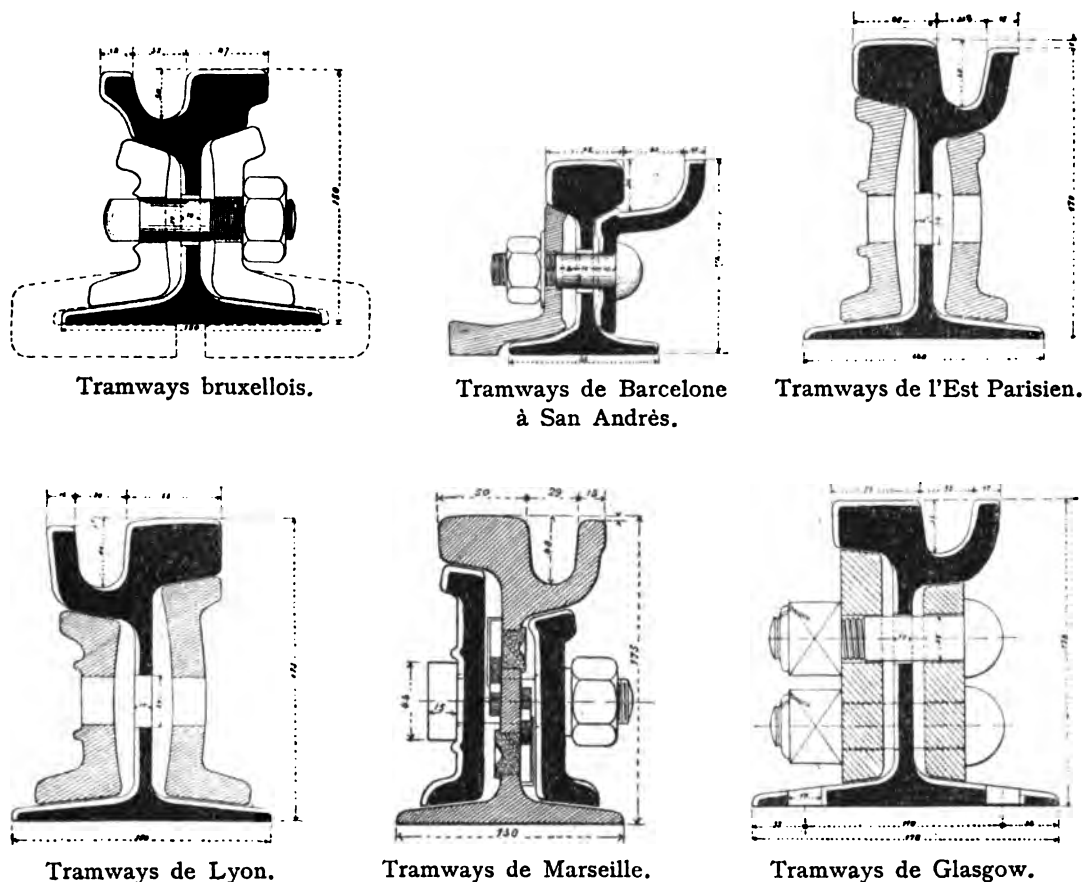


Fig. 22 à 27. — Profils type de rail à gorge.

Il est peu probable que l'on fasse usage à l'avenir en France, de profils encore plus lourds, et nous pensons que le profil de 50 kg. représente le maximum de ce que l'on peut raisonnablement employer dans la construction d'une voie de tramway urbaine.

L'augmentation du profil a été surtout motivée par le désir de réaliser des joints plus robustes, mais l'expérience ayant démontré que l'amélioration ainsi obtenue n'avait été que bien minime eu égard à l'augmentation correspondante du prix de la voie, comme d'autre part il est parfaitement possible de ne pas dépasser 42 à 45 kg. par mètre courant pour un rail de 175 à 180 mm. de hauteur, 130 à 150 mm. de largeur de patin et 50 mm. de largeur de roulement avec une gorge de 38 à 40 mm., c'est-à-dire pour un rail susceptible de répondre aux conditions de

travail les plus dures, nous pensons qu'on s'en tiendra de plus en plus à ce type, pour n'employer que tout à fait exceptionnellement des profils plus lourds.

Pour ce qui concerne plus particulièrement la hauteur des rails, on estime en général, que celle de 175 à 180 mm. constitue un maximum qui suffit aussi bien au point de vue de la résistance que des facilités recherchées pour l'exécution du pavage, et qu'il n'est pas utile de dépasser. Certains réseaux, pour des lignes à trafic moyen et sur des chaussées pavées avec pavés de petites dimensions, se contentent même d'une hauteur de 140 à 150 mm.

Quant à la longueur des barres, tout le monde est d'accord, en principe, pour la désirer aussi grande que possible en vue de diminuer le nombre des joints, mais en pratique, on considère la longueur actuelle de 12 à 15 mètres employée par la plupart des réseaux comme une limite qui ne pourra être dépassée que dans des circonstances exceptionnelles et portée à 18 m. au maximum.

(Les réseaux de Marseille, du Havre et de Nancy vont employer cette longueur pour leurs nouvelles lignes.)

Les difficultés de transport et de manutention deviennent en effet très appréciables pour les profils lourds aussitôt que la longueur des barres dépasse 12 m.; quant aux profils légers, ils sont sujets à se déformer, et cette considération limite davantage encore la longueur des barres.

Pour ce qui concerne la qualité du métal et les conditions imposées aux fournisseurs de rails, les réseaux français s'en tiennent généralement aux cahiers des charges et aux conditions d'épreuve des Compagnies de Chemins de fer. Cette façon de procéder, que l'on pratique aussi dans d'autres pays, n'est peut-être pas absolument rationnelle, les rails de tramways devant répondre à des conditions sensiblement différentes de celles qui se présentent pour les rails de chemins de fer. Pour ces derniers, la question ne permet pas d'adopter le degré de dureté qui serait désirable au point de vue de l'usure et qui est parfaitement admissible pour les rails de tramways, chez lesquels une rupture accidentelle ne présente aucun danger sérieux.

Dans cet ordre d'idées, nous estimons que la rigueur des épreuves au choc et les prescriptions relatives à l'allongement (limite d'élasticité) pourraient être atténuées au profit de la dureté qui constitue incontestablement le facteur le plus important de la qualité d'un rail de tramway. Une grande importance doit être attribuée aussi à la parfaite régularité du profil, notamment aux extrémités des rails, dont dépend la qualité de l'éclissage. Enfin, il y aurait lieu de se préoccuper davantage de la conductibilité électrique de l'acier employé, qui est souvent très insuffisante, notamment pour les rails exécutés en acier Thomas, et ceux dans la fabrication desquels entrent des métaux accessoires, tels que le silicium et le manganèse.

On estime généralement que la résistivité électrique de l'acier est 9 ou 10 fois plus grande que celle du cuivre; en réalité, on a constaté maintes fois que ce rapport était sensiblement dépassé et atteignait parfois 15 à 16.

Quant à la dureté à adopter pour les bandages par rapport à celle des rails, la majorité des réseaux estiment que le bandage doit être moins dur que le rail, mais sans fournir à cet égard des justifications précises. On peut opposer à cette manière de voir le fait que l'usure des bandages coûte au moins aussi cher que celle des rails et que le minimum des dépenses totales (rails et bandages) provenant de l'usure, sera atteint en employant l'acier le plus dur possible tant pour les bandages que pour les rails.

Pour les éclisses, entretoises et le petit matériel de voie, on semble préférer, en général, un métal plus doux que pour les rails, avec une résistance de 40 à 60 kg. par mm<sup>2</sup> et un allongement de 15 à 20 %; quelques compagnies emploient cependant pour les éclisses la même dureté que pour les rails; il semble à priori qu'une éclisse en métal doux doit faire un meilleur joint.

*Joints.* — Pour ce qui concerne la disposition des joints, nous constatons que le joint alterné n'a pas répondu aux espérances que l'on avait fondées sur lui il y a une dizaine d'années et qu'il est définitivement abandonné dans les nouvelles constructions, où les joints des deux files de rails sont toujours placés d'équerre.

Le jeu de quelques millimètres que l'on avait continué de laisser au joint pour permettre la dilatation des rails, a été reconnu inutile et même nuisible; presque tous les réseaux l'ont supprimé et posent actuellement leurs rails bout à bout. Notre expérience personnelle nous permet d'ailleurs d'affirmer que les rails ne peuvent pas se dilater dans les joints modernes, à moins que les boulons ne soient desserrés.

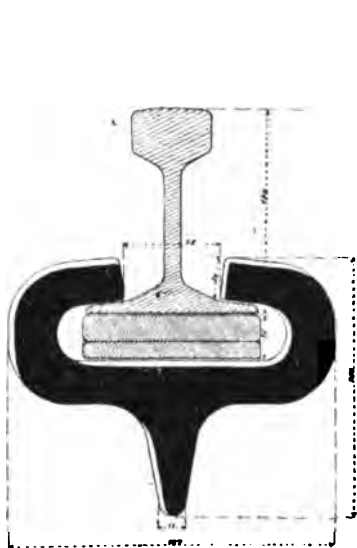


Fig. 29. — Joint Ambert appliqué à un rail Vignole.

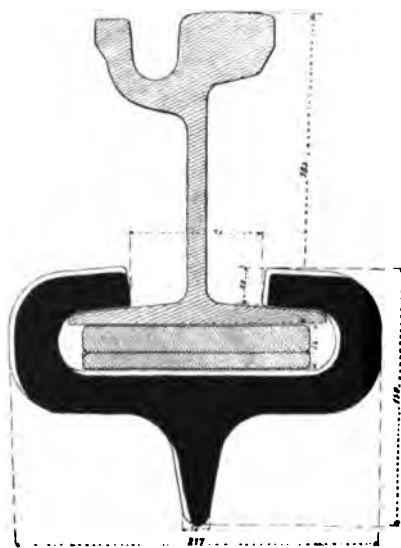


Fig. 30. — Joint Ambert appliqué à un rail à gorge.

On avait placé à Marseille, sur des voies soudées, des joints éclissés munis d'une boîte permettant la visite des boulons, et qui, établis tous les 75 à 150 mètres, devaient jouer le rôle de joints de dilatation. L'expérience a démontré que ces joints n'accusaient aucun mouvement de dilatation ou de contraction des rails, tant que les boulons étaient normalement serrés.

Quant à la constitution proprement dite des joints, on a naturellement éprouvé dans les réseaux français les mêmes difficultés que partout ailleurs pour la réalisation d'un joint durable sur les voies à service intensif et cela même avec les profils de rails les plus puissants qui aient été employés.

Cependant, ces difficultés n'ont pas provoqué des recherches aussi abondantes et des solutions aussi variées qu'en Allemagne, en raison surtout du faible concours que les exploitants ont trouvé auprès des constructeurs.

En fait, on s'est contenté de renforcer les éclissages existants par l'emploi d'éclisses-cornières très robustes, longues de 700 à 800 mm. et assemblées par 6 boulons de 22 à 25 mm., et ce n'est que dans ces dernières années que l'on a vu se présenter quelques solutions nouvelles, en même temps que se développaient les procédés de soudure tendant à la réalisation d'un rail continu.

Comme solutions nouvelles d'un assemblage mécanique, nous citerons particulièrement le joint Ambert, le joint Arbel et le joint Holzer.

Le joint Ambert est constitué par un manchon en acier coulé ou laminé enveloppant les patins des rails et les maintenant serrés par deux clavettes plates de même largeur que les patins placées sous ceux-ci, coincées à haute pression au moyen d'une presse puissante. Cet assemblage supprime entièrement l'emploi de

boulons et d'après les essais entrepris, il semble être aussi suffisamment parfait pour dispenser de l'usage d'une connexion électrique.

Les figures 29 et 30 montrent le joint Ambert appliqué à un rail Vignole et à un rail à gorge; la figure 31 montre la presse de calage employée pour la confection des joints.

Le joint Ambert, bien que de création récente, a déjà reçu de nombreuses applications en France et certains réseaux, satisfaits des résultats obtenus, comptent

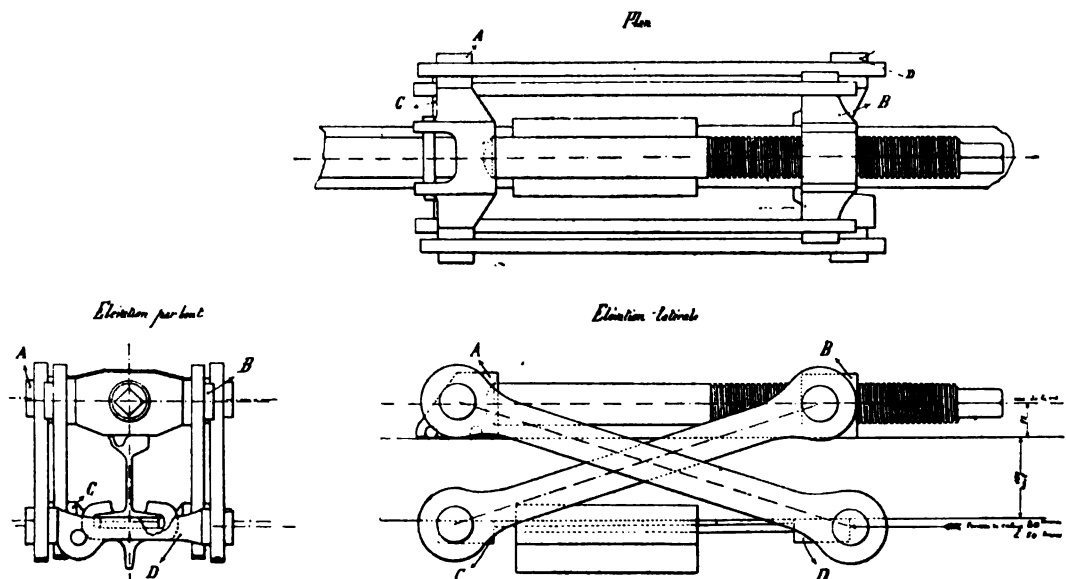


Fig. 31. — Presse de calage pour joints Ambert.

en généraliser l'emploi. On critique cependant la forme du manchon, dont la nervure centrale empêche dans une certaine mesure un bon bourrage; de ce fait, certains joints ont cédé. Ce joint, assurément très intéressant, ne semble pas encore sorti entièrement de la période expérimentale et il est, paraît-il, nécessaire, avant de se prononcer définitivement à son égard, d'attendre les appréciations des nombreux réseaux qui l'ont essayé ces derniers temps.

Le joint Arbel, constitué par un sabot porte-rails et deux mors mobiles qui s'appuient à la fois sur le patin et contre l'âme du rail et qui sont serrés par des clavettes, a également été appliqué à titre d'essai par un certain nombre de réseaux, mais il n'est pas possible encore de se prononcer sur la valeur de ce système, d'origine trop récente. (Voir fig. 32.)

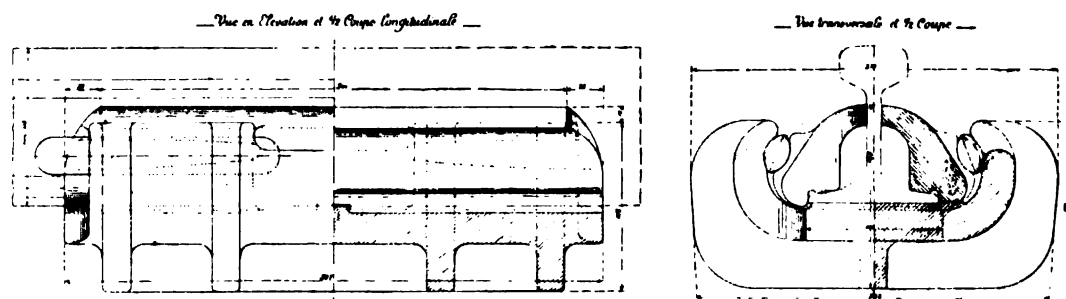


Fig. 32. — Tramways de Marseille. Joint Arbel.

Il en est de même du procédé Holzer qui réalise le joint par rivetage patin contre patin, au moyen d'un coupon de vieux rail servant de pont. On affirme que ce genre de joint, à la condition d'être exécuté avec soin, donne d'excellents résultats; il est incontestable que l'ensemble ainsi constitué, réalise un assemblage très robuste, mais

comme des essais de ce genre avaient déjà été tentés en Angleterre il y a quelques années sans succès appréciable, il est permis de se montrer un peu sceptique au sujet de la valeur de ce système.

Les fig. 33 à 36 indiquent les essais de joints rivés entrepris par la Compagnie de l'Est Parisien.

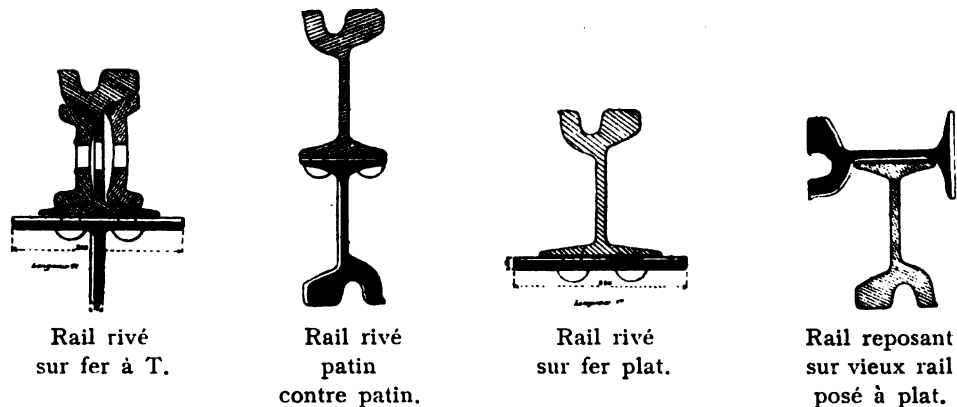


Fig. 33 à 36. — Joints rivés appliqués à la Compagnie de l'Est Parisien.

Le joint coulé d'après le procédé Falk, a été appliqué en France sur une vaste échelle, d'abord pour la consolidation d'anciennes voies à traction animale conservées lors de l'application de la traction électrique et ensuite pour une série de constructions neuves. Dans le premier cas, ce procédé a permis de prolonger très notablement la durée des voies, malgré le profil trop faible de leurs rails ; quant aux applications faites sur des rails à patin de voies neuves, elles ont en général donné toute satisfaction, notamment à Paris où de grandes longueurs de voies pavées en bois ont été munies de joints coulés.

On a prétendu que par l'effet de la température élevée de la fonte en fusion, l'acier du rail perdait de sa dureté au droit des joints. C'est là une assertion dont l'exactitude reste à démontrer ; dans tous les cas, nous ne pensons pas qu'il puisse résulter de ce fait de sérieux inconvénients. Ayant eu à vérifier tout dernièrement des joints coulés il y a six ans, nous les avons en effet trouvés en parfait état, sans aucune trace de dénivellation.

Nous pensons que le joint Falk est encore un des meilleurs et qu'il aurait trouvé un emploi beaucoup plus répandu si son application, d'ailleurs coûteuse, ne nécessitait pas un outillage si compliqué et n'entraînait pas autant de sujétions dans la construction.

C'est sans doute en raison surtout des facilités de son application que la soudure aluminothermique a séduit bon nombre de réseaux et que de nombreuses lignes ont été exécutées par ce procédé ces derniers temps. Malheureusement, les résultats n'en sont pas encore très encourageants, des ruptures se sont produites en assez grand nombre et l'on hésite d'autant plus à étendre l'emploi de ce procédé que la réparation des joints rompus est une chose assez difficile à réaliser et fort coûteuse.

Cependant, comme sur certaines lignes ces joints soudés se sont très bien comportés, que leur prix de revient n'est pas exagéré et qu'ils permettent de réaliser le véritable rail continu avec tous ses avantages au point de vue du roulement, de la conductibilité électrique et de l'économie d'entretien, nous estimons que ce système doit retenir toute l'attention des exploitants, qui feront bien de ne pas se prononcer trop hâtivement sur sa valeur.

Quant à la soudure électrique par courants alternatifs ou par courants continus (procédé de l'Accumulatoren Fabrik de Berlin), elle n'a reçu aucune application en France jusqu'à ce jour, mais on en suit les résultats avec intérêt.

Il en est de même des essais entrepris en Italie pour la soudure au moyen du chalumeau à acétylène, qui s'appliquent à un procédé très simple, mais probablement coûteux.

La question de l'opportunité d'employer des joints de dilatation sur les voies soudées, semble devoir être tranchée dans le sens de la négative, les essais tentés dans ce sens n'ayant pas d'autre résultat que de diminuer un peu le nombre des ruptures dans le cas de joints soudés d'une façon imparfaite.

Dans une voie noyée, les efforts de contraction élémentaires sont sensiblement neutralisés par les résistances élémentaires, et si des joints soudés ne tiennent pas sur un tronçon de 200 m., ils ne tiendront pas beaucoup mieux sur un autre de 50 m. seulement.

Pour ce qui concerne les joints mécaniques perfectionnés, actuellement employés en Allemagne et dans beaucoup d'autre pays, tels que le joint avec éclisses à patin et ses dérivés, le joint Melaun et le sabot porte-rail Scheinig et Hofmann, ils sont à peu près inconnus dans les réseaux français et commencent à peine à recevoir quelques modestes applications. Il est cependant probable que leur emploi s'étendra rapidement, étant donnés les résultats relativement satisfaisants obtenus par ces systèmes qui reposent tous sur des principes d'une justesse incontestable.

Les éclissages ordinaires des profils modernes seraient généralement très suffisants si les surfaces en contact des rails et des éclisses, telles qu'elles sont prévues par les épures géométriques existaient en réalité et pouvaient être maintenues. Cette condition est réalisée dans les voies des chemins de fer où la portée des pièces en contact, qui n'est jamais parfaite au début par suite des inégalités de laminage, s'améliore graduellement par le resserrage continu des boulons d'éclissage. Les chocs dus au passage des essieux, qui n'agissent au début que sur quelques points en contact, produisent un matage du métal sur ces points et par le resserrage graduel des boulons, les surfaces en contact s'étendent toujours davantage, pour former finalement un assemblage aussi parfait que s'il était obtenu par l'ajustage le plus soigné.

Pour une voie de tramway, noyée dans la chaussée, les choses se passent tout autrement.

Les joints n'étant pas accessibles, on ne procède pas à un resserrage graduel des boulons et, dans ces conditions, la portée forcément imparfaite de l'assemblage primitif non seulement ne s'améliore pas, mais devient même de plus en plus mauvaise, puisque le jeu produit par le premier matage ne fait qu'augmenter la violence des chocs, qui, portant toujours sur les mêmes points, finissent par amener une déformation permanente de l'éclisse et des abouts des rails. Si l'on vient à ce moment pour resserrer les boulons, il est trop tard, la déformation en question ne permettant plus d'amener les surfaces en contact sur toute l'étendue du joint. D'autre part, si le joint a un peu de jeu, la composante horizontale des chocs, agissant sur les boulons en raison de l'inclinaison des surfaces d'appui des éclisses, atteint une valeur importante et contribue encore au desserrage du joint.

Cette théorie, dont il est facile de vérifier l'exactitude en examinant l'état des surfaces en contact de joints avec des durées de service différentes, établit donc que la véritable cause de nos difficultés n'est autre chose que l'impossibilité où nous nous trouvons, avec les constructions actuelles, de resserrer à intervalles rapprochés les boulons de nos joints, et d'établir graduellement, pour les parties en contact, une surface suffisante pour constituer un assemblage susceptible de résister aux efforts auxquels il est soumis.

Le principe des joints perfectionnés, éclisses à patins, joint Melaun, joint Ambert, joint Scheinig et Hofmann, consiste à reporter la plus grande partie des efforts sur le patin des rails, où la surface d'appui peut être suffisante dès le début pour éviter un matage, les boulons soumis à des efforts moins importants, étant d'autre part moins enclins à se desserrer. Ce principe est évidemment très rationnel



et son application doit forcément retarder sensiblement la dislocation des joints. Le joint Scheinig et Hofman doit sans doute son succès au serrage énergique résultant de l'embattage à chaud du sabot, mais nous sommes enclins à penser que la feuille de zinc, interposée entre le sabot et le patin, et à laquelle on attribue une importance au point de vue électrique seulement, contribue dans une large mesure à la solidité du joint en assurant une portée parfaite des surfaces en contact, dès la mise en place du sabot; c'est sans doute en s'inspirant de ces principes que l'on arrivera à solutionner d'une façon définitive la question des joints, qui présente un si grand intérêt au point de vue de la conservation des voies et du matériel roulant.

*Connexions électriques.* — Les réseaux consultés semblent en général satisfaits des systèmes de connexions électriques qu'ils ont employés, mais il faut dire que ces organes ne reçoivent pas toujours toute l'attention qui leur est due, simplement parce que leur imperfection éventuelle ne se traduit généralement pas par des inconvénients directement tangibles.

C'est ainsi que l'augmentation de la consommation d'énergie qui peut résulter de connexions défectueuses, est souvent attribuée à d'autres causes et que les effets d'électrolyse dus à une insuffisance du circuit de retour, ne se manifestent généralement que longtemps après l'origine de cette insuffisance et peuvent d'ailleurs provenir aussi de défauts indépendants des connexions proprement dites.

La mesure individuelle de la résistance des joints, exécutée une ou deux fois par an et de plus, après chaque réfection de la voie, est évidemment le meilleur moyen de contrôle à employer, et ce n'est qu'en organisant ce service de contrôle d'une façon systématique que l'on peut arriver à maintenir les connexions en bon état d'entretien.

La plupart des réseaux donnent la préférence aux connexions constituées d'une pièce par un fil à tête refoulée et avec serrage par cheville intérieure, mais on commence à employer aussi en Europe les connexions à brins souples et avec têtes pleines serrées à la presse, très en vogue aux États-Unis.

Ce système est excellent à la condition que la tête fasse bien corps avec le brin souple, ce qui ne peut s'obtenir que par un matricage à chaud et non par coulée de la tête.

Enfin, certains réseaux emploient de simples fils de trolley, fixés aux rails au moyen de bornes rivées, soudées ou boulonnées, système évidemment très économique, mais moins efficace en raison des surfaces de contact multiples qui conduisent toujours à une augmentation de résistance.

Lorsque le système d'éclissage le permet, on donne la préférence aux connexions courtes logées sous l'éclisse, non seulement pour les mettre à l'abri du vol, mais surtout dans le but de diminuer la résistance électrique du joint. On arrive ainsi à constituer des voies dont la résistance n'est que de 1,05 à 1,10 par rapport à celle du rail supposé continu, mais il est prudent de ne pas aller trop loin dans la voie de la réduction de la longueur des connexions, afin de leur conserver une souplesse suffisante.

Les connexions plastiques, système Edison-Brown, sont très peu employées en Europe; par contre l'usage de connexions à brins souples brasées sur l'âme ou sur le patin du rail tend à se répandre de plus en plus : ce système réalise évidemment une liaison électrique parfaite.

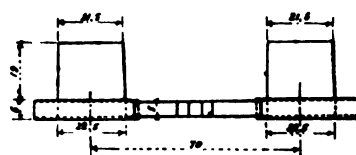
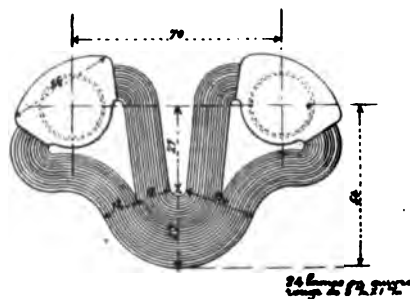


Fig. 37. — Tramways de Marseille  
Connexion courte en cuivre rouge.

Un point très important du circuit de retour est constitué par la connexion des câbles de retour principaux aux voies. Afin de permettre un contrôle facile de cet organe, les Tramways de Marseille font usage d'une boîte de connexion spéciale qui

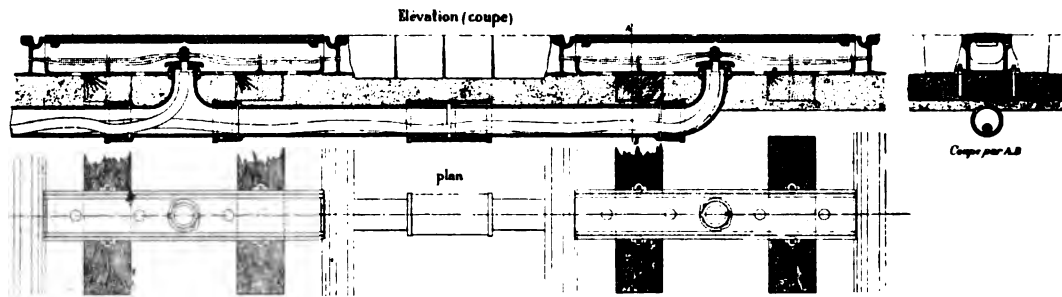
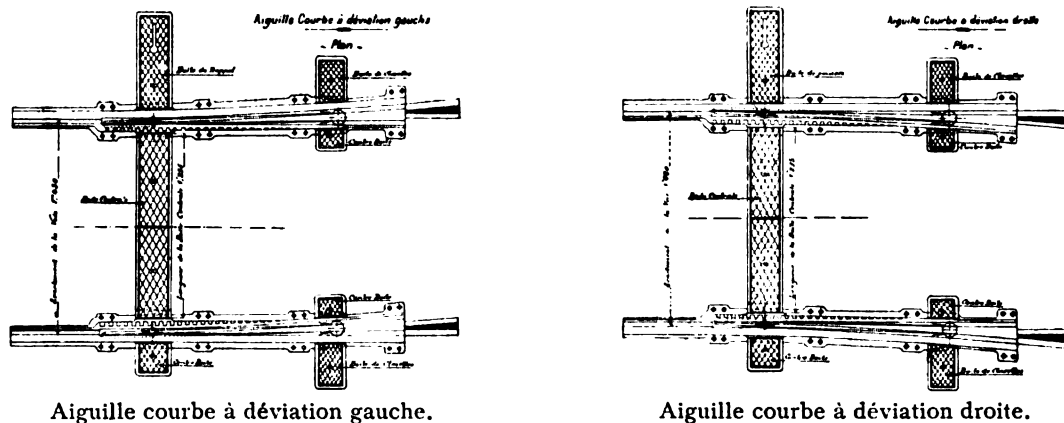


Fig. 38. — Tramways de Marseille. Boîte de connexion de rails pour câbles de retour.

reçoit l'extrémité du câble de retour et les connexions transversales allant aux rails, dont le nombre est proportionné à l'intensité du courant. Ces points particulièrement délicats du circuit de retour peuvent ainsi être visités à intervalles rapprochés sans avoir à démolir le pavage. La figure 38 montre les dispositions de cette boîte de connexion.

*Appareils de voie.* — La plupart des réseaux emploient actuellement des aiguillages en rails assemblés et à deux flèches conjuguées avec enclenchement par ressort ou par contre-poids, munis, le cas échéant, d'appareils de manœuvres par rappel ou par poussée, combinés avec la boîte centrale contenant un mécanisme



Aiguille courbe à déviation gauche.

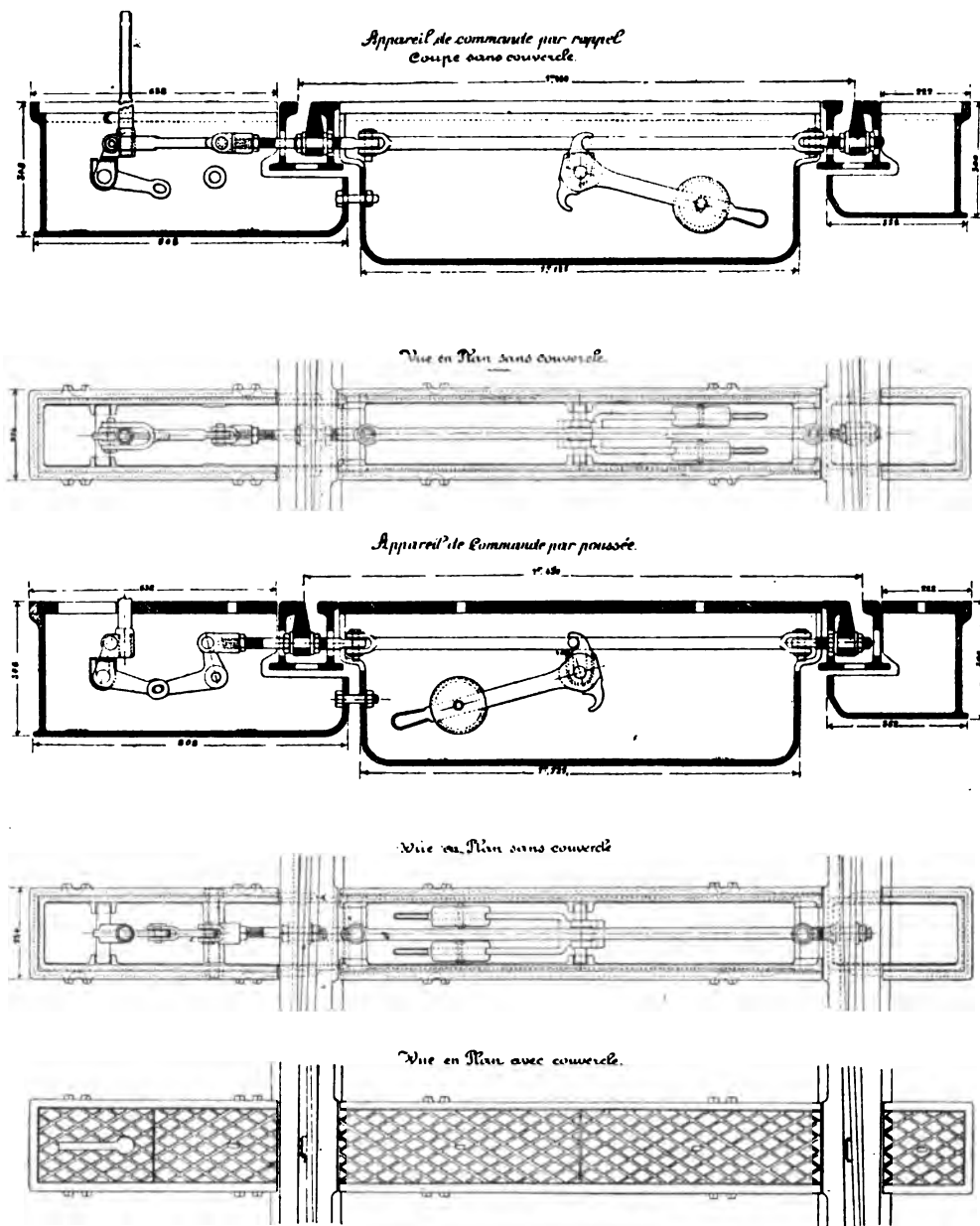
Aiguille courbe à déviation droite.

Fig. 39-40. — Tramways de Marseille. — Disposition d'ensemble des aiguillages courbes à rayon moyen de 30 m. en acier au manganèse avec boîte de manœuvre et boîtes de clavettes des flèches.

universel permettant de modifier la position de calage par simple renversement d'un contre-poids ou d'un levier à ressort. Les figures 39 et 40 montrent la disposition d'ensemble des aiguillages courbes en acier au manganèse, en usage sur le réseau de Marseille ; les figures 41-45 montrent les boîtes de manœuvre par rappel et par poussée de ces aiguillages.

Les flèches sont généralement cintrées avec un rayon de courbure variant entre 25 et 50 mètres, ce qui adoucit beaucoup le mouvement des voitures à l'entrée et à la sortie des aiguillages.

Quant à la construction proprement dite de ces organes, elle a subi des perfectionnements importants, notamment au point de vue de la solidité de l'encastrement des flèches et de la facilité de leur démontage, ainsi que de la portée et de la conservation des supports de glissement. D'une façon générale, ces organes ont été



Tramways de Marseille. — Boîtes de manœuvre pour aiguillages.

considérablement renforcés et il existe aujourd'hui des constructions relativement satisfaisantes, mais même pour les meilleures d'entre elles, on a éprouvé les inconvénients de la dislocation graduelle des assemblages, dislocation qui se produit à la longue dans les mêmes conditions que pour les joints de rails et qui entraîne forcément des réparations coûteuses.

Aussi commence-t-on à employer sur une assez vaste échelle les aiguillages avec corps en acier au manganèse, fondu d'une pièce, tels qu'ils sont construits par la Lorain Steel Co, les Aciéries d'Hadfield, la maison Edgar Allen et Cie de Sheffield, le Creusot en France et les établissements Krupp en Allemagne. Les flèches

de ces aiguillages sont également en acier au manganèse ; la tenacité de ce métal est considérable, à tel point qu'il ne peut être attaqué qu'à la meule. Les réseaux qui ont employé ces nouvelles constructions ont constaté que leur durée était très supérieure à celle des meilleurs aiguillages en rails assemblés, et comme leur prix de revient est sensiblement le même, il est très probable que leur usage se répandra de plus en plus.

Pour ce qui concerne les cœurs et les croisements, leur construction a subi des perfectionnements analogues à ceux des aiguillages, notamment par l'emploi de fourrures démontables placées dans les gorges, et qui permettent, en soutenant le boudin des roues, de ménager les pointes de cœur. Mais là encore, on commence à donner la préférence aux pièces coulées en acier au manganèse, qui se comportent mieux que les cœurs en rails assemblés.

L'emploi de pièces spéciales amovibles en acier dur pour les parties plus particulièrement exposées à l'usure dans les aiguillages, cœurs et croisements en rails assemblés, a été réalisé d'une façon assez satisfaisante dans certaines constructions, mais ne s'est cependant pas généralisé, probablement en raison de la difficulté de réaliser un bon ajustage de ces pièces.

*Drainage des voies.* — L'utilité du drainage des voies semble être reconnue aujourd'hui, aussi trouve-t-on des appareils de drainage aux points bas des voies dans la plupart des réseaux.

Ces appareils, dont les dispositions sont assez variables, peuvent se subdiviser en deux classes, suivant que l'on utilise une boîte centrale recevant les eaux des deux rails de la voie ou que chaque rail est muni d'une boîte indépendante reliée directement à la canalisation allant à l'égout. La première de ces deux dispositions semble préférable, surtout dans le cas de voies fréquentées par un fort charroi, en raison de la plus grande solidité de la construction. Les figures 46 à 48 montrent les dispositifs de drainage adoptés à Lyon, à Bruxelles et à Marseille.

Dans plusieurs réseaux on a raccordé également à l'égout les boîtes centrales d'aiguillage, mais comme ces boîtes participent en général aux chocs que subissent les aiguillages, il peut en résulter des inconvénients pour la solidité des canalisations de raccordement ; aussi certains réseaux préfèrent-ils placer une boîte de drainage indépendante en amont des aiguilles.

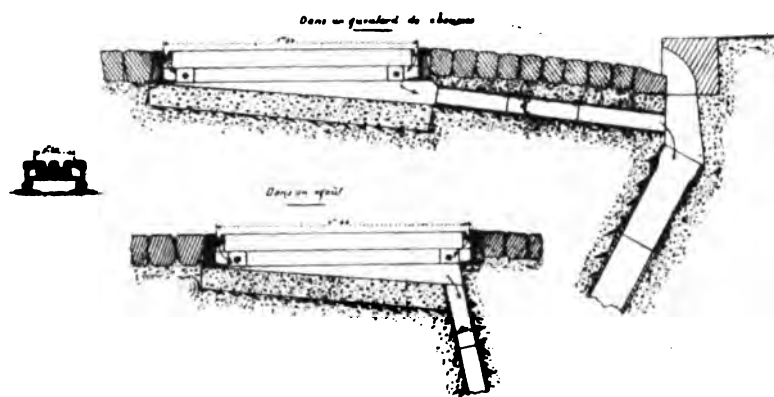
*Voies volantes.* — L'usage des voies volantes est relativement peu répandu en France, notamment dans les réseaux qui n'ont pas d'infrastructure en béton, où les réparations peuvent généralement se faire sans interrompre le service sur les voies. Dans les réseaux qui emploient des voies volantes (Bordeaux, Paris), ces voies sont du type habituellement utilisé en Allemagne, qui semble donner toute satisfaction.

Pour permettre l'exécution de travaux peu importants, d'une durée de 8 à 10 heures, on se contente souvent de dévier le service par d'autres rues pendant les dernières heures du soir et les premières du matin.

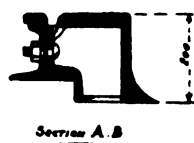
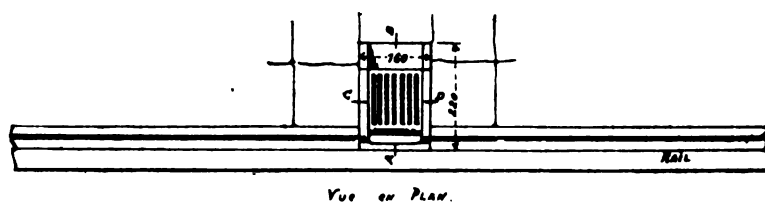
*Eclairage des chantiers.* — La plupart des réseaux éclairent leurs chantiers de nuit au moyen de bouquets de lampes à incandescence, suspendus à la ligne aérienne au moyen d'une perche en bois ; ce système est incontestablement le plus pratique.

Les appareils à acétylène donnent également satisfaction, lorsqu'on ne dispose pas la nuit de courant sur les lignes de trolley.

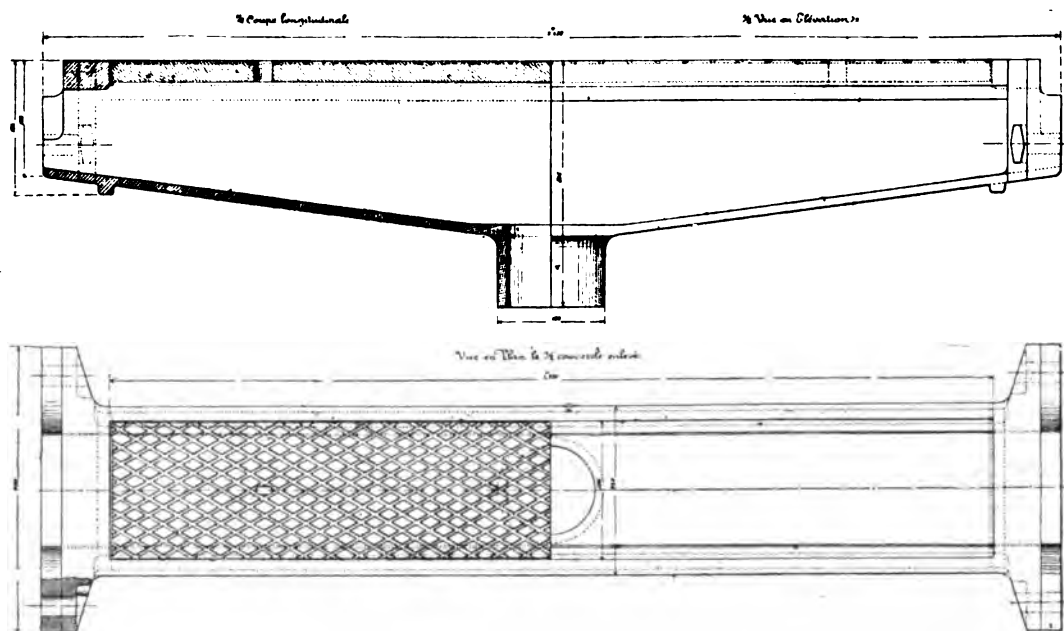
*Outils mécaniques.* — L'emploi d'un outillage mécanique pour les travaux d'entretien des voies ne semble pas encore très répandu et se borne, en général,



Tramways de Lyon.



Tramways Bruxellois.



Tramways de Marseille.

Fig. 46 à 48. — Dispositifs de drainage.

aux perceuses et aux meules électriques, qui rendent évidemment de grands services. Il est à présumer cependant que l'on s'attachera de plus en plus à l'emploi d'un pareil outillage qui semble devoir procurer des économies notables.

*Usure des voies et dépenses d'entretien.* — Dans la plupart des réseaux, le cahier des charges impose au concessionnaire l'entretien des chaussées dans la zone occupée par les voies, l'entre-voie et les accotements de 35 à 50 centimètres de largeur.

Cette obligation est évidemment beaucoup moins justifiée aujourd'hui, avec la traction mécanique que du temps de la traction animale, mais il paraît bien difficile de réagir contre ces dispositions consacrées par l'usage; tout au plus peut-on faire intervenir, lors de la discussion des redevances ou autres obligations imposées aux concessionnaires, les charges souvent importantes qu'elles représentent.

Il serait cependant de toute équité que des mesures de police rigoureuses fussent prises par les autorités en vue d'éviter autant que possible, l'emprunt, sans nécessité absolue, de la zone du tramway par le charroi ordinaire, notamment dans le cas où cette zone seule est pavée, le reste de la chaussée étant simplement empierré. Malheureusement la législation actuelle, en France tout au moins, ne permet pas une réglementation de ce genre, les véhicules ordinaires n'étant tenus de quitter la voie qu'à l'approche d'un train.

L'usure des chaussées dans la zone des voies représente parfois des dépenses très importantes qui atteignent 2 francs et même fr. 2.50 par mètre carré et par an

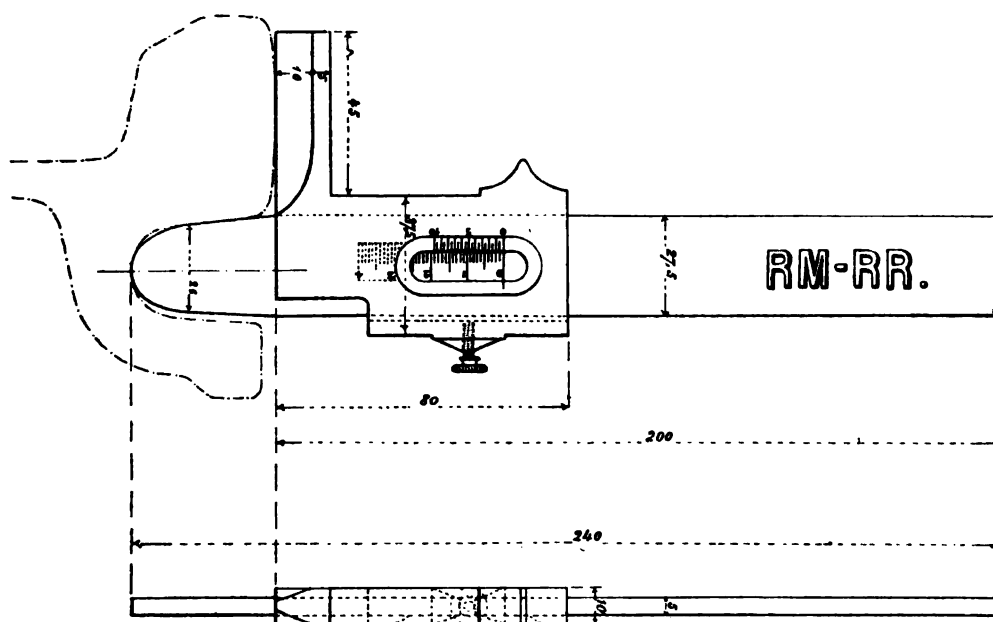


Fig 49. — Gabarit à coulisse avec lecture directe à  $1/20^{\text{me}}$  de mm. pour mesure de l'usure du rail.

dans certaines rues à circulation intensive et dans le cas de pavages de luxe, mais on ne voit aucun remède à cette situation que les concessionnaires sont obligés de subir bon gré mal gré.

Quant à l'usure de la voie ferrée proprement dite, on peut dire qu'elle n'est produite que dans une faible mesure par le charroi ordinaire, tout au moins dans le cas de constructions modernes avec rails à patin de grand profil.

Cette usure est donc sensiblement proportionnelle à l'intensité du service sur les voies, mais elle peut être influencée dans une certaine mesure par la vitesse, le poids et l'empattement des voitures, le profil en long, le freinage et la propreté des chaussées. Ces divers facteurs interviennent incontestablement, en vertu des principes élémentaires de la mécanique, tant pour ce qui concerne la dislocation de l'infrastructure que pour l'usure proprement dite des rails, mais leurs effets sont tellement confondus qu'ils n'ont pu faire jusqu'ici l'objet d'une analyse détaillée.

Les moyens employés pour le contrôle de l'usure de rails sont assez variés; certains réseaux emploient le procédé du moulage au plâtre ou au plomb, d'autres des appareils permettant de déterminer l'usure par lecture directe. La figure 49 montre un gabarit à coulisse rentrant dans cette catégorie.

C'est sans doute principalement pour ce motif que les estimations relatives à la durée des voies diffèrent dans une si large mesure suivant les réseaux, et qu'il est à peu près impossible de formuler à cet égard des règles générales. Nous sommes fondés à croire toutefois que les estimations de durée données par les réseaux consultés, sont en général plutôt modérées et que les voies modernes, à la condition d'être munies de bons joints et de faire l'objet d'un entretien soigné, conserveront une durée de service sensiblement supérieure à celle prévue, sauf dans les courbes et sur les points où se produit une usure ondulatoire.

Le nettoyage soigné et le graissage fréquent des courbes sont sans doute les seuls moyens dont on dispose pour ralentir l'usure dans une certaine mesure; quant au remède à employer pour prévenir l'usure ondulatoire, il ne semble pas encore bien connu, pas plus d'ailleurs que la cause réelle de cette usure d'une nature particulière.

L'opinion la plus répandue est cependant que la cause principale de ce phénomène est la vibration du rail, qui suffit, en effet, à l'expliquer.

Lorsqu'une voiture circule librement sur une voie, aucune force tangentielle n'entre en jeu au point de contact de la roue avec le rail. Mais aussitôt que l'on applique soit le courant, soit le frein, une force tangentielle, négative dans le premier cas, positive dans le second par rapport au sens de marche, naît au point de contact. Pour que les roues puissent continuer à se dérouler sans glissement, il est nécessaire qu'un certain degré d'adhérence existe entre roue et rail. Ce degré d'adhérence dépend du coefficient d'adhérence et de la pression.

Or, si l'on suppose le rail animé d'une vibration rapide, la pression spécifique et le degré d'adhérence au point de contact de la zone subiront forcément des variations proportionnelles à l'amplitude des vibrations du rail et de même fréquence que ces dernières. La force tangentielle au point de contact, positive ou négative, restant constante, les variations du degré d'adhérence peuvent alors se traduire par une accélération ou un ralentissement périodique de la vitesse angulaire de la roue et comme la masse de la voiture ne peut suivre instantanément ces variations, il doit se produire une succession de glissements dont la conséquence sera une usure ondulatoire du rail.

Effectivement, ce genre d'usure se constate très rarement sur des voies avec assise élastique, qui vibrent avec moins d'intensité.

Pour ce qui concerne les dépenses d'entretien des voies, les chiffres indiqués par les réseaux consultés comportent de tels écarts qu'il nous semble bien difficile d'en tirer des moyennes de quelque utilité. Ces écarts se justifient d'ailleurs, par les conditions locales très différentes suivant les réseaux, notamment pour ce qui concerne la nature des chaussées, l'importance du charroi et les exigences des autorités, facteurs dont il n'est pas fait mention dans les réponses, qui présentent néanmoins un certain intérêt au point de vue comparatif.

D'une façon générale, on peut affirmer que les dépenses d'entretien des voies se maintiennent dans des limites raisonnables, et entrent pour une part relativement modérée dans les dépenses totales d'exploitation; elles sont d'ailleurs susceptibles de diminuer encore au fur et à mesure des perfectionnements apportés à la construction pour lesquels il reste encore un vaste champ d'application, malgré les progrès très réels réalisés jusqu'à ce jour.

H. DUBS.

*Marseille, juillet 1906.*





# RAPPORT

de M. A. BUSSE, Ingénieur en chef de la Grande Compagnie  
des Tramways de Berlin.

sur la question suivante :

**Construction des voies dans les réseaux de tramways urbains  
(Infrastructure et superstructure)**

---

**Introduction.** — Si nous comparons entre eux les développements subis d'une part par la superstructure des voies des lignes principales de chemins de fer, d'autre part par la superstructure des voies des tramways urbains, il nous faudra reconnaître que cette dernière, bien que de date beaucoup moins ancienne, a été soumise à des changements plus importants et que, à conclure par l'expérience acquise jusqu'à ce jour, elle sera probablement encore soumise à de nombreuses transformations avant d'atteindre l'état normal que nous rencontrons déjà dans la superstructure des lignes principales de chemins de fer.

Cet état de choses s'explique d'ailleurs par le fait que les facteurs qui, dans la construction des voies en général, doivent être pris en considération, sont pour les tramways beaucoup plus nombreux et plus variés que pour les chemins de fer.

Des circonstances locales qui doivent être considérées comme immuables, comme aussi la résistance souvent opiniâtre des autorités propriétaires des artères à emprunter, rendent la tâche de l'ingénieur des tramways très difficile et le placent parfois dans une situation économique des plus critiques. De plus, comme les administrations publiques cherchent toujours à établir les rues pour de longues années, l'exploitant se trouve dans la nécessité de prévoir, lui aussi, en dépit des frais, des installations d'aussi longue durée.

Le rapport que le Comité de direction de l'Union internationale a bien voulu nous charger de présenter au Congrès de Milan, nous paraît en conséquence tout aussi opportun qu'important.

Les circonstances nous obligent de plus en plus à étudier des normes qui doivent nous inspirer dans nos travaux. Nous ne parviendrons jamais, il est vrai, à établir un régime uniforme pour la totalité des lignes de tramways; mais il nous faut, par un travail en commun, chercher à choisir pour des conditions d'exploitation simi-

lares, parmi les méthodes aujourd'hui en usage et ayant reçu la sanction de l'expérience, celles qui paraissent donner le meilleur résultat.

Les conditions locales, les considérations économiques, les exigences relatives à la nature du terrain et à l'exploitation, sont autant de facteurs qui doivent intervenir dans le choix de l'un ou l'autre système. Aussi n'est-il pas étonnant de voir les compagnies de tramways émettre des opinions parfois très divergentes sur les avantages et inconvénients des différents systèmes de construction aujourd'hui connus : souvent tel système, qui aura donné satisfaction à maints exploitants, sera blâmé par d'autres et même quelquefois complètement rejeté. Il n'est en effet pas rare de voir, dans les critiques portées, tenir trop peu compte de l'importance et de l'intensité du service pour lesquelles la voie a été construite.

Quoi qu'il en soit, malgré ces divergences d'opinion, les compagnies de tramways n'ont jamais hésité à procéder à des essais de toute nature pour arriver aux meilleurs résultats. L'une des preuves les plus convaincantes de l'importance de la question des voies, est donnée par l'intérêt qu'ont apporté les membres de notre association, pour nous fournir les renseignements nécessaires à l'élaboration de notre rapport : plus de cent exploitations ont en effet répondu au questionnaire qui leur a été adressé. Tous ces renseignements sont évidemment dictés par le désir de faire ressortir les points faibles et les défauts qu'il a été reconnu dans les méthodes employées, et toutes les réponses s'appliquent à faire bénéficier la généralité des expériences individuelles.

Les méthodes de construction des voies ont déjà fait l'objet d'études très intéressantes, non seulement de la part de l'Union internationale, mais aussi de la part des différentes associations nationales. Aussi croyons-nous pouvoir nous dispenser de faire connaître à nouveau la bibliographie relative au sujet qui nous occupe.

Nous aborderons immédiatement l'examen d'un point très délicat et des plus sérieux, qui présente aujourd'hui pour toutes les exploitations de tramways une importance capitale : nous voulons parler de l'usure exagérée de la superstructure et de l'infrastructure des voies de tramways ainsi que de l'usure de la couverture de la chaussée le long des rails.

Déjà dans le rapport que nous avons eu l'honneur de présenter à la X<sup>me</sup> Assemblée Générale de l'Association allemande de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, assemblée tenue à Francfort en septembre 1905, nous avons eu l'occasion de faire remarquer que, particulièrement dans les grandes villes allemandes présentant une circulation intense, l'usure prématurée et exagérée de la superstructure et de l'infrastructure des voies ne doit pas être attribuée seulement à l'introduction de la traction électrique, mais surtout au trafic de jour en jour plus intense, lequel conduit à des vitesses toujours plus grandes et à des intensités de service toujours plus denses ; la circulation charretière des rues, qui, elle également, est devenue plus importante, est d'ailleurs aussi une des causes de ce phénomène. Aussi cette usure exagérée et prématurée, par suite des dépenses d'entretien qu'elle nécessite, influe-t-elle, parfois considérablement, sur les résultats financiers de l'entreprise.

L'accroissement de la circulation générale des rues, impliquant naturellement une augmentation de charge de la couverture de la chaussée, incite les administrations des villes à établir un mode de pavage évitant le bruit et répondant aux conditions de bien-être et de luxe exigées aujourd'hui. L'utilisation des matériaux les plus chers, tels que l'asphalte et le bois, prennent d'année en année, dans le mode de couverture des rues, une importance toujours plus considérable. Leur emploi rencontre une telle faveur qu'à Berlin par exemple, où la première couverture d'asphalte fut exécutée en 1876 (2556 m<sup>2</sup>), le moment n'est pas éloigné où les rues asphaltées dépasseront en importance les rues pavées. A l'exemple de Berlin et de ses faubourgs d'ailleurs, les autres grandes villes aussi, s'efforcent sans exception à établir, même au prix de grandes dépenses, des pavages silencieux.

Il nous faut cependant reconnaître que toutes ces améliorations, certainement louables, imposent aux exploitations de tramways d'énormes sacrifices non justifiés et dont la charge tend finalement à les écraser. Il en découle pour les compagnies la nécessité de rechercher les moyens pouvant, dans la création de nouvelles rues, conduire à une amélioration des charges imposées; dès que la chose sera possible, elles doivent même réclamer des pouvoirs publics qu'une banquette spéciale leur soit assignée.

**Situation des voies.** — Les croquis joints aux réponses au questionnaire en ce qui concerne la situation des voies par rapport à l'axe de la chaussée, ne diffèrent que peu ou point des dispositions aujourd'hui connues. Il n'y a donc pas lieu de s'y arrêter ici davantage.

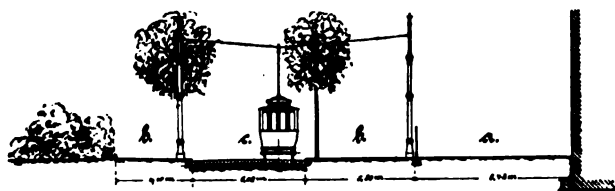


Fig. 1.

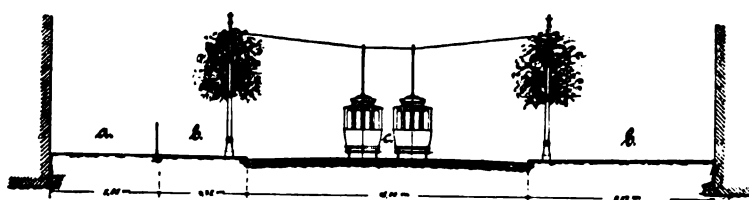


Fig. 2.

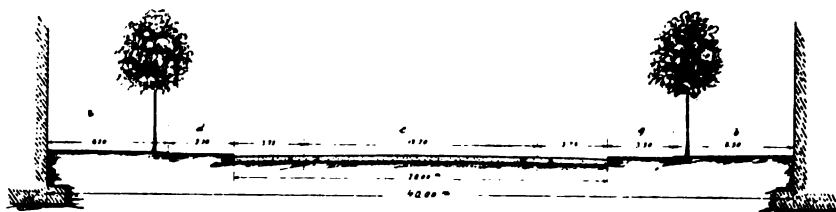


Fig. 3.

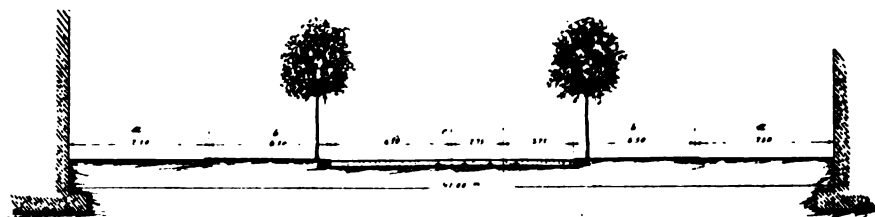


Fig. 4.

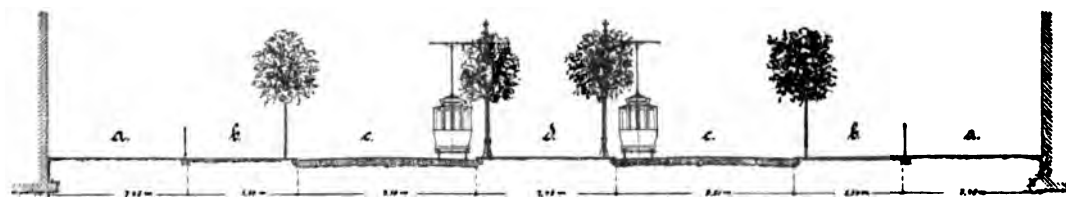


Fig. 5.

Dans la généralité des cas, les voies se trouvent, suivant la largeur de la rue, portées toutes deux, soit au milieu de la chaussée, soit latéralement, ainsi qu'il est indiqué dans les figures 1 et 2 ci-dessus.

Parfois cependant, comme à Leipzig et à Vienne (fig. 3), les voies sont reportées vers les deux côtés de la chaussée, de façon à diviser la circulation et à réserver vers la partie médiane de la chaussée, entre les deux voies, un espace suffisamment large pour la circulation rapide, tandis que la bande laissée entre les voies et la bordure du trottoir, est encore suffisante pour le stationnement ou la circulation des voitures à marche plus lente. Cette disposition présente un avantage en ce sens que le public n'a plus à traverser qu'une faible partie de la chaussée pour accéder aux

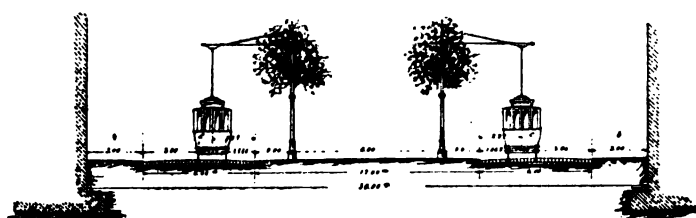


Fig. 6.

voitures du tramway et n'est plus aussi menacé par les véhicules roulant à une grande vitesse.

A Dusseldorf et à Zurich également (fig. 4), les voies ont été disposées latéralement, de façon à laisser d'un côté des voies, un espace suffisant pour le passage de deux véhicules et, de l'autre, pour un seul véhicule.

Souvent aussi les voies sont installées de part et d'autre d'une allée médiane pour piétons ou d'une allée pour cavaliers (fig. 5). Cette disposition présente l'inconvénient d'obliger le public à traverser toute la largeur de la chaussée, et de l'exposer ainsi à des dangers de toute nature.

A Bruxelles, les voies sont disposées de part et d'autre d'une allée médiane, mais à 2 m. 30 environ de la bordure du trottoir (fig. 6).

Parfois aussi les voies sont disposées le long des trottoirs, le milieu de la chaussée restant réservé à la circulation charretière (fig. 7). Bien que cette disposi-

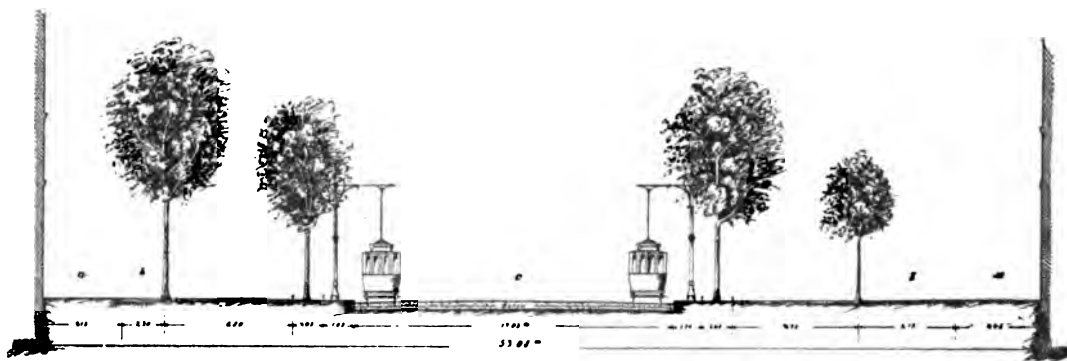


Fig. 7.

tion présente l'avantage de permettre au public de monter directement du trottoir dans les voitures, elle comporte cependant certains inconvénients: en effet, par suite de l'écoulement des eaux de la chaussée vers les voies, le pavage, notamment lorsqu'il est exécuté en béton recouvert d'asphalte, se détériore rapidement et nécessite des réparations continuelles et onéreuses. De plus, le profil en long du planum de la voie, lequel doit suivre les changements d'inclinaison du caniveau d'écoulement des eaux, agit défavorablement sur la pose de la voie. L'établissement d'embranchements vers les rues transversales s'obtient difficilement, et les véhicules ordinaires enfin ne peuvent stationner le long des trottoirs.

Pour retenir l'écoulement des eaux de la chaussée sur les voies, les Tramways de Vienne ont, dans les rues qui comportent ce dispositif, isolé leurs voies de la

partie restante de la chaussée; cet isolement a été obtenu par l'installation de petits caniveaux d'écoulement.

Un autre dispositif, employé également à Vienne, est donné par la fig. 8: comme on le voit, la double voie est installée sur un côté de la chaussée, immédiatement contre la bordure du trottoir; ici aussi, la zone des voies est isolée de la chaussée par un caniveau d'écoulement. Auprès des points d'arrêt se trouvent, du côté de la chaussée, des terre-pleins de 1,5 m. de largeur sur 10 à 15 m. de longueur.

Ces refuges sont très appréciés dans les grandes villes, car le public peut ainsi attendre en sûreté le passage des voitures; de plus, la montée et la descente des voyageurs se simplifient beaucoup; en outre, les accidents, qui peuvent survenir par

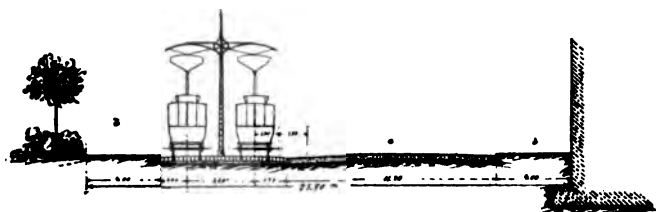


Fig. 8.

le fait du charroi lors de l'embarquement et du débarquement, diminuent. L'emploi de ces refuges ne peut être que vivement recommandé.

Si parfois la disposition des voies facilite relativement la montée en voiture ou la descente, il n'en est pas moins du devoir des compagnies de tramways de réclamer, dès que la chose est possible, un corps de voie spécial isolé complètement de la voie de roulage ordinaire. C'est ainsi, par exemple, qu'il est à présumer que dans des largeurs de rues de 40 à 45 mètres dont le profil nous a été soumis, l'établissement d'un planum spécial réservé exclusivement aux voies du tramway, eût été chose possible.

Dans la plupart des cas cependant, lorsque par exemple les lignes de tramways doivent emprunter les rues étroites de la ville intérieure, l'installation d'un siège spécial devient impossible.

Mais dans les rues plus larges de la périphérie des agglomérations, il serait nécessaire de réclamer pour le service du tramway, l'établissement d'un siège spécial,



Fig. 9.

tant dans l'intérêt de la rapidité des transports que pour éviter les accidents et assurer la sécurité du public utilisant le tramway. Notamment la sécurité des voyageurs qui montent en voiture ou en descendent, devient de jour en jour plus aléatoire; cette moindre sécurité se constate dans les artères à circulation intense des grandes villes, par suite de la rapidité toujours croissante des automobiles et autres véhicules. Nous ajouterons même que l'entrée et la sortie des voitures de tramways s'arrêtant vers le milieu de la chaussée, devient souvent chose presque impossible surtout pour les vieillards, les femmes et les enfants.

Nous sommes heureux de constater ici que déjà quelques villes, et notamment plusieurs villes modernes, ont réalisé l'installation d'une banquette spéciale pour les voies du tramway. Nous citerons spécialement ici quelques-uns des faubourgs de

Berlin, notamment Friedenau, Steglitz, Tempelhof et Mariendorf, qui prévoient une chaussée asphaltée dans la partie médiane de la rue et installent les voies du tramway sur une banquette surélevée le long des trottoirs (fig. 9).

En 1902, la ville de Charlottenbourg également, lors de la reconstruction de la Hardenbergstrasse, a établi pour le service du tramway une banquette spéciale à deux voies qui, comme le montre la fig. 10, se trouve vers le milieu de la rue et est séparée des deux chaussées asphaltées installées de part et d'autre par de petits terre-pleins gazonnés et ornés de fleurs; au points d'arrêt, ces terre-pleins sont pavés en mosaïque.

A la suite des excellents résultats obtenus dans la Hardenbergstrasse par l'installation d'une banquette spéciale, la ville de Charlottenbourg s'est décidée à agir

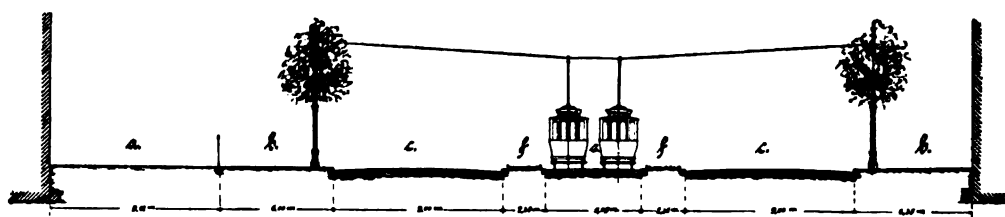


Fig. 10.

de même lors de l'élargissement de la Bismarkstrasse et du redressement du Tegelerweg, travaux qui furent entrepris en 1905-1906. La banquette du tramway dans la Bismarkstrasse comporte, comme le montre le fig. 11, une largeur de 4.80 m.; les terre-pleins d'isolement, installés de part et d'autre de cette banquette, sont garnis de gazon, de fleurs ou plantés d'arbres et présentent une largeur de 2.05 m. La largeur nécessaire en conséquence pour l'installation des voies sur banquette spéciale est donc de 8.90 m.

Le dispositif choisi pour la Hardenbergstrasse et la Bismarkstrasse, c'est-à-dire la banquette du tramway installée vers le milieu de la chaussée, doit, à différents points de vue, être préféré au dispositif qui consiste à établir les voies des deux côtés de la rue et à les séparer par la chaussée. Par le premier dispositif en effet, le

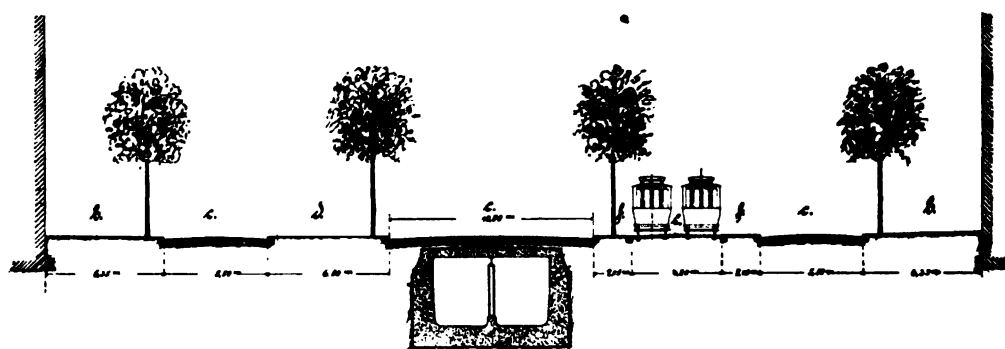


Fig. 11.

stationnement du charroi et autres véhicules le long des trottoirs n'est pas empêché; de plus, les enfants qui jouent sur le trottoir, les personnes qui sortent précipitamment des maisons pour traverser le trottoir, ne sont pas exposés aux accidents résultant du passage des voitures du tramway; de plus encore, l'écoulement des eaux du trottoir ne s'opère plus sur les voies; enfin, en cas de réfection à une voie, le service peut facilement être assuré par un passage des voitures d'une voie sur l'autre. En outre, les voyageurs peuvent, sans crainte des autres voitures roulant sur la chaussée, attendre sur les terre-pleins d'isolement surélevés et pavés de mosaïque, le passage du tramway. La possibilité d'accélérer l'embarquement et le

débarquement des voitures, présente également d'ailleurs une importance considérable pour l'obtention d'une vitesse commerciale plus élevée.

L'inconvénient résultant de ce que les voyageurs doivent d'abord traverser la chaussée avant d'atteindre les voitures du tramway, et aussi de ce que les deux moitiés de la chaussée, à droite et à gauche de la banquette du tramway, se trouvent séparées, ne nous semble pas avoir une importance capitale, surtout en ce qui concerne le dernier point, car rien n'empêche d'établir en nombre suffisant des passages transversaux à travers les banquettes.

Quoi qu'il en soit, les deux dispositifs présentent le grand avantage de ne pas voir le service du tramway entravé par le charroi de la rue, qui lui-même possède de la sorte une plus grande liberté d'action. Les collisions et arrêts forcés provenant du fait que les chariots utilisent de préférence les voies du tramway, sont presque totalement évitées. L'entretien de la voie et même les réfections complètes n'interrompent en aucune façon la circulation courante. De plus, il est aisé, par une incli-



Fig. 12.

naison appropriée donnée au pavage le long des voies et entre celles-ci, d'assurer un bon écoulement des eaux, de façon à conserver à la voie une assiette solide.

Tous ces avantages sont si séduisants que, dès que la largeur de la rue le permettra, l'établissement d'une banquette spéciale, devrait être adopté sans hésitation. Dans les faubourgs notamment, dont le développement ne peut être assuré que grâce à des communications rapides avec la cité, il ne faudrait pas hésiter, dans les créations nouvelles ou les transformations d'artères, à donner, dès que la chose serait possible, la préférence à la banquette spéciale.

Le corps proprement dit de la voie de ces banquettes est aujourd'hui, dans les artères de Berlin et de ses faubourgs où ce dispositif est employé, pavé en grés taillés tant entre les rails que latéralement à la voie. Il en résulte, surtout lorsque les voies sont placées latéralement, l'inconvénient du soulèvement des pavés par les eaux d'écoulement du trottoir, qui viennent à s'infiltrer sous les rails; ce soulèvement des pavés détériore ainsi fréquemment les appareils chasse-pierres des voitures, lesquels se trouvent à peine à 50 ou 60 mm. de l'arête supérieure du rail. Quant à la macadamisation de la voie, celle-ci ne pourrait être autorisée, par suite de la poussière qui en résulterait.

Stimulée par les brillants résultats obtenus depuis longtemps en plusieurs villes d'Amérique, notamment à Boston, Philadelphie, etc., par le gazonnement du planum de la voie, la Ville de Charlottenbourg a ensemencé, à titre d'essai, pendant l'année 1905, une partie de la banquette de la Hardenbergstrasse; ce gazonnement était installé entre les voies et latéralement à celles-ci. Les résultats obtenus furent si concluants, que cette année, un tronçon beaucoup plus important de la banquette de la Hardenbergstrasse et de la Bismarkstrasse fut recouvert de gazon et ce sur toute la largeur du planum.

Pour qu'il donne de bons résultats, le gazonnement doit être établi de façon à ce que les racines se trouvent à environ 30 à 35 mm. en-dessous de l'arête supérieure du rail; l'herbe doit être tenue suffisamment courte pour éviter qu'elle ne dépasse le rail et ne se couche sur lui.



Fig. 13.

Ces larges surfaces vertes de la plate-forme de la voie, ainsi que les côtés gazonnés de celle-ci, ornés de fleurs ou plantés d'arbres, concourent à l'embellissement de l'aspect général de la rue, ainsi que l'on peut s'en rendre compte par la vue de la Bismarkstrasse donnée par la fig. 12.

Le gazonnement de la plate-forme présente de nombreux avantages: il évite tout d'abord le soulèvement si désagréable de la poussière, occasionné par les voitures de tramway roulant à grande allure. De plus, malgré les vitesses accélérées, les voitures roulent presque sans bruit là où le sol est gazonné. Il convient encore d'ajouter que la sécurité du service est augmentée en ce sens que rien ne vient plus dépasser l'arête supérieure des rails et que le chasse-pierres ne peut ainsi être détérioré.

Lorsque la voie est installée en rails à gorge, l'écoulement des eaux des gazonnements, lesquels sont inclinés vers l'intérieur de la voie, s'opère à la partie inférieure des rails, vers des puits de vidange établis latéralement. Lorsque la voie est établie en rails Vignole, l'assèchement de la plate-forme n'est plus aussi important, le sol pouvant alors absorber l'humidité sans inconvénient.



Bien que le gazonnement, pour rester frais et vert, réclame un arrosage régulier et des soins journaliers, les dépenses résultant de cet entretien ne sauraient être supérieures aux dépenses réclamées par les autres systèmes de pavage.

Comme l'huile découlant des paliers et des carcasses des moteurs, en tombant sur le gazon, le détériore et détruit l'aspect général, il faut veiller attentivement à ce que le graissage des paliers et autres organes soit fait avec le plus grand soin.

Il nous reste encore à faire remarquer que les rails ne doivent pas reposer sur des traverses en bois, mais bien sur des longrines en béton ou bien sur un hérisson de pierres brutes avec ballast en cailloux cassés : les expériences faites en Amérique prouvent en effet que les traverses en bois, même imprégnées, ne tardent pas à pourrir lorsqu'elles sont enfouies dans un gazonnement.

Les surfaces gazonnées dans le réseau des Tramways de Berlin ont été entretenues jusqu'ici par les soins de la ville. Si, par suite de l'extension de ces surfaces gazonnées, les compagnies de tramways estimaient qu'il serait plus avantageux pour elles de pourvoir elles-mêmes à leur arrosage et à leur entretien, ces soins pourraient sans peine être donnés à l'aide de voitures spéciales d'arrosage traînées par une voiture motrice. De telles voitures d'arrosage sont d'ailleurs déjà en usage dans plusieurs villes, notamment à Hambourg, Cologne, Steglitz, etc. La figure 13 représente la voiture d'arrosage de Hambourg.

L'entretien du réseau aérien sur les parcours gazonnés doit également être fait au moyen d'un chariot plateforme construit spécialement à cet effet, de manière à éviter que le gazonnement ne soit détérioré, tant par les roues de la voiture que par les pas du cheval.

Parmi les nombreux avantages que présente la banquette spéciale pour les voies de tramways, il en est encore un important au point de vue économique, sur lequel nous tenons à attirer l'attention : c'est la pose et l'entretien moins onéreux de la voie. L'économie résulte de ce que l'infrastructure peut être plus simple et que la plate-forme peut être assujettie par des matériaux moins coûteux, tels que gazon ou pavés de petites dimensions.

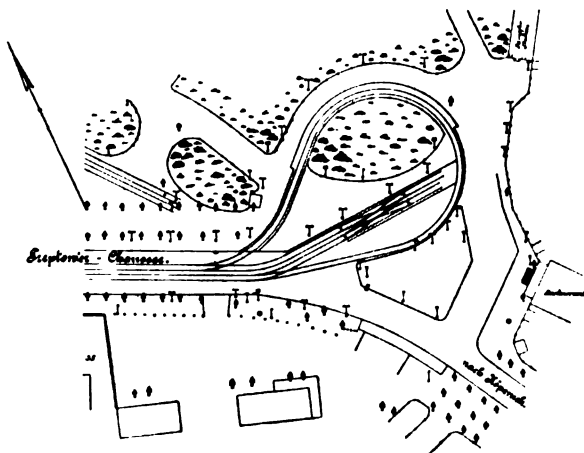


Fig. 14.

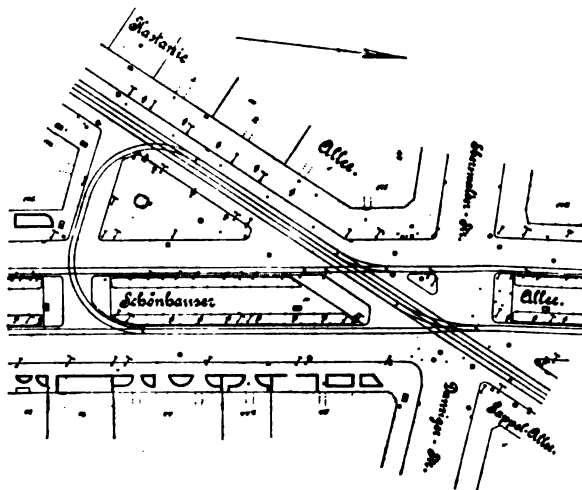


Fig. 15.

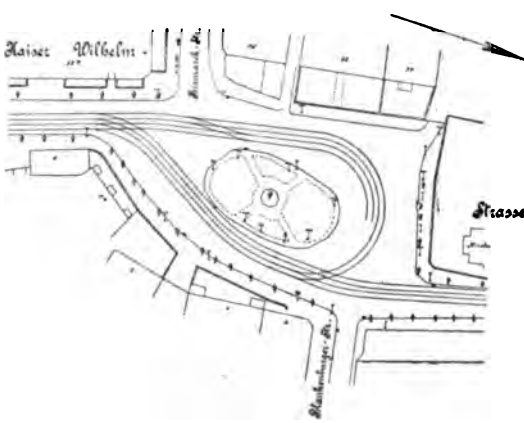


Fig. 16.

Afin d'éviter toute lacune dans notre étude, nous croyons devoir dire ici quelques mots des dispositifs de boucles appliqués souvent dans ces dernières années pour assurer la régularité du service aux points terminus des lignes. Les figures 14 à 16 représentent trois dispositifs de boucles appliquées sur le réseau des tramways de Berlin. On remarquera que ces dispositifs de boucles comportent des croisements et des aiguillages ; cette anomalie est due à l'intensité du trafic sur ces lignes et à la disposition locale des voies. Mais en général, les croisements et aiguillages peuvent être supprimés dans les boucles simples ; on évite ainsi les solutions de continuité dans la voie, lesquelles sont aussi onéreuses pour le matériel roulant que pour la superstructure.

Il y a donc grand intérêt pour les compagnies de tramways à établir, chaque fois que des difficultés insurmontables ne seront pas à vaincre, des boucles aux points terminus des lignes, afin d'activer ainsi le trafic, d'éviter les désagréables opérations de garage, d'obtenir une meilleure utilisation du matériel, et aussi de maintenir la bonne conservation du matériel et de la superstructure.

Nous ferons remarquer ici qu'en Amérique, l'emploi des boucles est devenu d'un usage courant ; ce n'est d'ailleurs que grâce à ces dispositions qu'il a été

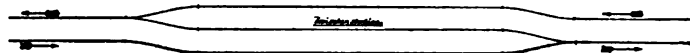


Fig. 17.

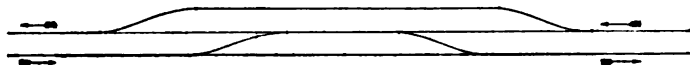


Fig. 18.

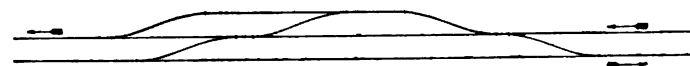


Fig. 19.

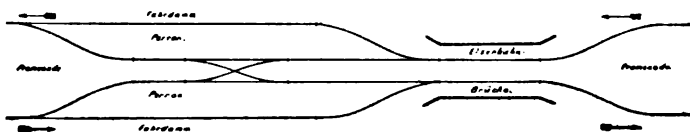


Fig. 20.

possible de faire face aux affluences considérables lors de l'Exposition de Saint-Louis et qu'aujourd'hui encore les exploitations américaines de tramways peuvent assurer le transport du public à certains jours de fêtes vers les lieux de promenade et d'attraction, comme vers Coney Island près de Brooklyn, vers Willow Grove Park près de Philadelphie, etc.

Lorsque l'installation d'une boucle à un point terminus n'est pas possible, soit par raison de service, soit par manque de place, les exploitants cherchent depuis quelque temps — suivant en cela l'exemple de quelques grandes exploitations, de Vienne notamment — d'arriver à une disposition nouvelle de leurs voies, en cherchant à supprimer autant que possible les courbes qui entraînent toujours un supplément de dépense d'énergie et occasionnent, au passage des voitures, un bruit fort désagréable. On évite donc la pose de voies de garage dans les rues adjacentes formant angle avec la direction de la ligne et l'on s'efforce d'arriver au but désiré par l'installation d'une troisième et même d'une quatrième voie reliées à la voie principale par des aiguillages allongés (fig. 17-20). Cette disposition présente l'avantage d'atteler facilement aux voitures motrices des voitures de remorque et réciproquement, de laisser celles-ci dans l'aiguillage, sans nuire à la circulation courante.

**Ecartement des voies.** — Il résulte des renseignements fournis au questionnaire, que l'écartement des voies varie, suivant les exploitations, entre 785 mm. et 1524 mm.

La loi pour l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local en Prusse (*Preussisches Kleinbahngesetz*), prévoit un écartement de 1435 mm. pour les chemins de fer à grand écartement et de 1000, 750 ou 600 mm. pour les chemins de fer à voie étroite. Toute dérogation à cette règle est subordonnée à l'autorisation du Ministre des Travaux Publics.

L'écartement normal de 1435 mm. a été adopté par 33 exploitations ayant répondu au questionnaire et l'écartement de 1000 mm. par 39 autres; les réponses au questionnaire relatent également des écartements de 900, 1100, 1440, 1445, 1453 et 1458 mm.

La couverture donnée aux chaussées devenant de jour en jour plus onéreuse, il nous paraît recommandable de n'adopter à l'avenir l'écartement normal de 1435 mm. que lorsque celui-ci devient une nécessité, comme dans le cas du passage des voitures sur les lignes principales de chemins de fer ou encore dans le cas de raccordement avec un réseau de tramways déjà existant et établi à l'écartement normal. Dans le cas de nouvelles installations complètement indépendantes, la question de savoir s'il y a lieu de donner la préférence à l'écartement normal ou à la voie d'un mètre, devrait, à notre avis, être résolue par l'adoption de cette dernière, tout au moins dès que la chose est possible. L'économie qui en résulterait, serait particulièrement importante pour les villes qui comprennent un grand nombre de rues pavées en asphalte, en bois et autres pavages de luxe, par suite des moindres dépenses d'entretien.

Les écartements de moins de 1000 mm. ne devraient être adoptés que dans des cas tout à fait spéciaux.

**Pentes.** — En Prusse, la pente maximum pour les tramways ordinaires, ne peut en général dépasser 1:15. Les pentes plus prononcées ne sont autorisées que sur de courts tronçons et après que, par un essai préalable, il ait été reconnu que la présence de cette pente n'empêche pas l'obtention d'un service régulier. Dans ce cas, des prescriptions complémentaires sont édictées par les autorités du contrôle.

Les renseignements statistiques donnés aux pages 164 à 173 des « Réponses au questionnaire », font voir que des rampes plus prononcées se rencontrent dans maintes exploitations. Le maintien de ces lignes semblerait prouver que de telles pentes aussi peuvent être desservies sans danger.

**Courbes.** (1) — En Prusse, le rayon des courbes sur les lignes empruntant la voie publique, ne peut être inférieur à 15 m.; des courbes plus accentuées ne sont tolérées que lorsqu'il est prouvé que le matériel roulant peut les passer sans difficulté.

Le rayon minimum de courbure relaté dans les « Réponses au questionnaire » serait celui des Tramways de Genève: 9 et 10 m., pour un écartement de voie de 1.00 m. Les Tramways de Bâle qui comportent le même écartement, possèdent des courbes de 10 m., et les Tramways de Königsberg des courbes de 11 m. Les voitures de Stockholm à essieux fixes et à empattement de 1800 mm., sur voie de 1435 mm., passent des courbes du rayon de 11 m. Les Tramways de Barcelone comportent des courbes de 12.0 et 12.2 m. de rayon; de même les Tramways de Munich et les Tram-

---

(1) Nous tenons ici à mentionner l'intéressante étude qu'a présentée à la VIII<sup>e</sup> Assemblée générale de l'Association allemande de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, tenue à Dusseldorf en septembre 1902, M. Röttemann, Directeur de la Süddeutsche Eisenbahn Gesellschaft. Cette étude traitait de l'usure des roues et des rails dans les courbes. (Voir *Zeitschrift für Kleinbahnen*, février 1903.)

ways de St-Gall. Des courbes de rayon de 13.0 à 13.5 se rencontrent à Aix-la-Chapelle, Brunswick et Hanovre.

Dans de nombreuses circonstances, il peut y avoir nécessité à établir des courbes d'un rayon inférieur à la dimension réclamée par la bonne conservation des rails et du matériel roulant. L'usure exagérée des rails et des bandages des roues dans les courbes, de même aussi que l'augmentation dans la consommation d'énergie, et le bruit désagréable occasionné dans les courbes, font depuis longtemps déjà, de la part des exploitants de tramways, l'objet de recherches nombreuses destinées à remédier à ces inconvénients.

La majorité des exploitations ayant répondu au questionnaire, soit 52, n'élargissent pas la voie dans les courbes; nombreuses cependant sont celles qui, par un surécartement variant de 2,5 à 32 mm., cherchent un palliatif aux inconvénients que nous venons de citer.

En Prusse, un surécartement de la voie n'est toléré que conjointement à un élargissement de l'ornièrè.

D'autres exploitations, au contraire, estiment arriver à un résultat satisfaisant, en resserrant la voie de 1 à 10 mm. Les Tramways Bruxellois, par exemple, réduisent l'écartement dans les courbes afin de reporter l'usure sur la tête du rail plutôt que sur le contre-rail et de réduire également ainsi les secousses à l'entrée de la courbe. Les Tramways de Cologne, Dusseldorf, Copenhague, Frederiksberg, et d'autres encore, recourent également au rétrécissement de la voie pour adoucir le passage dans les courbes. Ces artifices prolongent évidemment la durée des rails en ménageant à l'origine le contre-rail.

Afin d'obtenir un passage plus doux dans les courbes, on a souvent recours aux courbes de raccordement. L'emploi de courbes de raccordement peu prononcées devrait être plus général, car elles atténuent considérablement l'usure des rails dans ces parties de la ligne.

Quelques compagnies, dans le but d'obvier à la rapide détérioration des rails dans les courbes, détérioration qui se traduit surtout par l'usure et la rupture du bourrelet de l'ornièrè ainsi que par l'usure exagérée du mentonnet des roues, ont élargi l'ornièrè même de 3 à 5 mm.; d'autres font usage de rails plats ou à ornièrè pleine pour la file extérieure de la courbe.

Les renseignements fournis en réponse au questionnaire ne nous permettent malheureusement pas d'apprécier la valeur de ces dispositifs. Quoi qu'il en soit, le rétrécissement de l'écartement avec renforcement simultané de la nervure de l'ornièrè, l'établissement de courbes de raccordement et l'emploi de rails plats ou à ornièrè pleine, de même aussi qu'un empattement réduit des voitures et un graissage régulier des courbes par une mixture de graphite et d'eau, peuvent présenter de sérieux avantages pour la conservation de la superstructure des courbes.

Nous tenons à faire observer que de nombreuses compagnies relatent dans leurs réponses au questionnaire, qu'elles ont renoncé à l'élargissement de la voie, et en particulier à celui de l'ornièrè, par suite des résultats peu satisfaisants obtenus.

Le dévers donné au rail extérieur dans les courbes, présente également une grande importance tant pour parer à l'usure de la voie que pour augmenter la sécurité du service; ce dévers ne se rencontre cependant, d'une façon générale, que sur les voies établies en siège spécial, car les voies établies en chaussée doivent nécessairement épouser le profil de la rue et le dévers ne pourrait y être obtenu qu'au prix de grandes difficultés. Nombreuses sont même les exploitations qui se voient souvent dans l'obligation de donner au rail extérieur des courbes une position plus basse que le rail intérieur. A notre avis, cette manière de faire devrait être condamnée par suite du danger qui en résulterait pour le service. Lorsqu'un surhaussement du rail extérieur ne pourrait être adopté, il faudrait tout au moins, suivant ainsi l'exemple de nombreuses exploitations, installer au moins les deux files de rails de

même niveau. L'emploi de rails à ornière plate et, le cas échéant, de rails à ornière pleine, permet déjà d'obtenir un surhaussement modéré. En conclusion, il faudra toujours, dès que les conditions locales le permettront, relever le rail extérieur dans les courbes.

**Largeur de l'entrevoie dans les courbes.** — La plupart des exploitations, dans le cas de ligne à double voie, augmentent la largeur de l'entrevoie de façon à maintenir un espace de 20 à 50 cm., voire même de 70 cm., entre les parties saillantes des voitures venant à se rencontrer dans les courbes.

Quelques exploitations n'ont pas cru devoir élargir l'entrevoie dans les courbes; les réponses au questionnaire n'expliquent pas cette manière de faire; il est probable que, dans ces réseaux, la largeur de l'entrevoie dans les alignements était déjà telle que son maintien dans les courbes ne présentait aucun inconvénient.

L'élargissement à donner à l'entrevoie dépend de l'écartement même de la voie, de la longueur et de la largeur des voitures et aussi de leur empattement; il est déterminé tantôt par des essais, tantôt mathématiquement, tantôt graphiquement. Lorsqu'il est fait usage d'une de ces deux dernières méthodes, il y a lieu de prendre en considération l'usure latérale des bandages et des rails, le jeu des boîtes à graisse, le déplacement de la caisse de la voiture, la position inclinée de cette dernière par suite d'une charge d'un seul côté ou par suite d'une surélévation du rail, etc.

Souvent on a cherché à obtenir l'élargissement nécessaire de l'entrevoie, en maintenant pour la courbe intérieure le même rayon que pour la voie extérieure.

En Suisse, l'espace libre à réserver entre deux voitures se croisant dans une courbe, a été fixé par les autorités à un minimum de 50 cm.

L'acte de concession des Tramways de Breslau impose un espace libre d'au moins 30 cm. entre deux voitures dans la position la plus défavorable.

En Prusse, les Autorités, depuis quelque temps, réclament entre deux voitures une distance d'au moins 40 cm., dans les voies de garage et les voies doubles; dans les courbes, il faut au moins éviter que deux voitures se croisant, viennent en contact, même dans le cas d'une déféctuosité à la voie. Cependant, lorsque les circonstances le permettent, il peut être exigé un espace libre pouvant aller jusque 40 cm.

Une règle générale ne peut être établie en ce qui concerne l'élargissement à donner à l'entrevoie et on doit laisser chaque fois à l'exploitant le soin de décider à ce sujet, en prenant en considération l'écartement de la voie, le gabarit des voitures, leur empattement, les dévers de la voie ainsi que l'usure du rail et du matériel roulant.

**Distance entre le rail extérieur et la bordure du trottoir.** — Il nous resterait encore à traiter ici la distance à laisser entre l'axe de la voie et la bordure du trottoir dans le cas où la voie est posée latéralement. Cette distance, qui doit au moins être la moitié de la plus grande largeur des voitures, varie généralement entre 1.00 m. et 2.25 m., suivant l'écartement des voies, le gabarit du matériel et les circonstances locales. La majorité des compagnies laissent entre le gabarit des voitures et la bordure du trottoir une distance de 30 cm., mais souvent des circonstances locales telles que rues étroites, courbes de la voie, etc., obligent la caisse de la voiture à effleurer le trottoir.

Parfois aussi les autorités de surveillance ou les autorités municipales déterminent le gabarit du tramway de manière à laisser entre la caisse des voitures et la bordure du trottoir une distance de 30 cm.; tel est notamment le cas à Bordeaux, Lucerne, Nordhausen, etc.

Dans le réseau des Tramways municipaux de Cologne, la distance minima est portée de 1.25 m. à 2.25 m., lorsque le trottoir ou l'allée est bordée d'arbres; on évite de la sorte de devoir trop tailler les branches surplombant la voie. Il en est de même sur le réseau des Tramways municipaux de Mannheim.

A Dusseldorf, la distance entre l'axe de la voie et la bordure du trottoir est fixée à 1.30 m. pour les trottoirs larges et à 1.50 m. pour les trottoirs étroits.

Il résulte donc de ce qui précède que la distance entre l'axe de la voie et la bordure du trottoir est fixée d'une part par la largeur du trottoir, mais que d'autre part aussi, il faut prendre en considération la présence éventuelle sur le trottoir de mâts, poteaux, pilastres, arbres, arbustes, clôtures, etc.

Quoi qu'il en soit, cette distance doit toujours être fixée de façon à ce que les voitures roulant le long du trottoir, ne mettent pas en danger les piétons y circulant; d'autre part cependant, cette distance ne doit pas rendre difficile l'accès des voitures, directement du trottoir. Quand l'espacement est trop restreint, les voyageurs descendant trop tôt de voiture ou y montant trop tard, sont exposés à de graves accidents.

**Superstructure.** — L'application de la traction électrique a imposé à la superstructure des voies de tramways, des conditions de solidité beaucoup plus importantes que celles que réclamait l'ancienne traction animale. La vitesse s'est accrue de plus du double; les voitures ont augmenté en poids et en volume; comme le montrent les statistiques, la charge utile des voitures s'est développée d'une façon énorme; le travail de traction est aujourd'hui porté sur les rails; le freinage des voitures enfin développe des effets beaucoup plus considérables.

Si l'on compare tous ces facteurs agissant sur la superstructure, à ceux existant lors de la traction animale, on est en droit de se demander si la superstructure des voies, même telle qu'elle est encore aujourd'hui comprise, est suffisamment résistante tant au point de vue de sa masse qu'au point de vue de sa construction; il semblerait que les efforts agissant sur la superstructure seraient beaucoup plus importants que le degré de résistance que l'on pourrait lui donner.

Les exploitants de tramways ont cherché par plusieurs moyens à augmenter le pouvoir de résistance de la superstructure et à assurer à la voie une plate-forme plus solide. On a notamment cherché à prolonger la durée de service du rail en renforçant son profil, en lui donnant une plus grande hauteur, en élargissant son patin, en utilisant un acier plus tenace et plus solide, mais surtout en mettant en œuvre des barres plus longues et des éclissages plus résistants.

Dans les voies sur siège spécial, on emploie le rail Vignole presque toujours fixé sur traverses; quelquefois cependant le rail repose directement sur un soubassement en cailloutis s'étendant sur toute la largeur de la voie ou sur des tranchées longitudinales comblées au cailloutis ou au béton. Tantôt le rail est à nu; tantôt, lorsque la chose est nécessaire, il est complètement encastré dans le pavage.

Parfois aussi, surtout dans les villes et leurs faubourgs, les nombreuses traversées de la voie réservées pour le passage des piétons ou du charroi ordinaire, font établir la voie en rails à ornière, même lorsque cette voie possède son siège spécial; aux droits de ces traversées, la plate-forme de la voie est alors pavée à affleurement des rails, ou macadamisée ou encore semée de gazon.

Lorsque les voies sont établies dans la chaussée d'artères servant également à la circulation générale, on emploie exclusivement des rails à gorge, des rails doubles et exceptionnellement aussi des rails Demerbe, Hartwich, Broca, Marsillon, etc.

L'ornière des rails à gorge ne peut en aucun cas endommager les voitures ou animaux s'engageant sur la voie; aussi leur donne-t-on généralement une largeur variant entre 29 et 34 mm. dans les alignements et une largeur de 32 mm. dans les courbes. En Prusse, les rails à gorge doivent présenter une largeur d'ornière d'au moins 30 mm. et d'au plus 40 mm.; exception peut cependant être faite à cette règle, après autorisation spéciale de la part des autorités de surveillance. Dans les voies à prise de courant souterraine, la rainure de prise de courant doit présenter une largeur maxima de 30 mm. dans les alignements et de 45 mm. dans les courbes.

Il est curieux de constater que, pour les voies établies dans la chaussée des rues, le rail à gorge s'est assuré une prépondérance incontestée. Plusieurs compagnies font cependant usage du rail composé double, notamment du rail à âme conjuguée du système Haarmann.

Une compagnie a installé à côté du rail Broca, le rail Marsillon qui comporte un rail et un contre-rail de même poids (22.5 kg.); elle est satisfaite des résultats obtenus.

Les voies Broca, Demerbe et Hartwich sont employées avec succès dans plusieurs exploitations. Ces systèmes de voies sont en général suffisamment connus et nous ne croyons pas devoir en faire une description plus détaillée. Il en est de même des autres systèmes dont l'emploi a donné des résultats satisfaisants.

Nous nous bornerons à constater que le poids des rails à gorge varie généralement entre 33.5 kg. et 54 kg. et celui des rails Vignole entre 23 et 34 kg.

Nous ferons aussi observer que, dans ces dernières années, l'exploitant réclame une résistance toujours plus grande; la résistance réclamée dépasse très souvent 70 kg. par mm<sup>2</sup>; elle atteint même parfois 85 et 90 kg.; l'allongement oscille entre 10 et 20 %.

Nous croyons savoir que l'on procède en ce moment à des essais concernant une invention qui présenterait pour la superstructure des voies un grand intérêt; cette invention, bien que conçue pour les voies des grands chemins de fer, pourrait cependant avoir plus tard pour les voies de tramways, une certaine importance. Comme on le sait, les rails des grands chemins de fer n'accusent qu'une résistance de 60 kilogrammes; une résistance aussi élevée que celle admise pour les rails de tramways (70-85 kilog.) ne peut leur être attribuée par suite des dangers que présenteraient les bris de rails. Dans ces conditions, on est parti de l'idée de donner au champignon du rail une dureté plus grande et à l'âme ainsi qu'au patin une dureté moindre. On reviendrait ainsi au procédé employé dans le temps, lors de la fabrication des rails en fer soudé; le paquetage des lingots était pour les rails en fer soudé, opéré de telle façon que le champignon du rail était en acier de puddlage soudable et les autres parties du rails en fer fibreux. La différence entre cette ancienne fabrication et la nouvelle réside dans le fait que, dans la nouvelle méthode, les lingots d'acier pour le laminage du rail proviennent du coulage de deux métaux différents d'après un procédé spécial breveté. Des essais sont faits actuellement dans cette voie par une usine allemande.

En général, les exploitants réclament de leurs fournisseurs une durée de garantie de 5 années; chez certains, la durée de garantie varie entre 2 et 6 années.

Le métal prescrit est presque toujours de l'acier dur (acier Siemens-Martin, acier Thomas, acier Bessemer). L'acier Siemens-Martin et l'acier Thomas surtout ont pris une place prépondérante dans la fabrication des rails.

Pour les éclisses, la majorité des exploitants imposent également l'acier dur, mais cependant d'une résistance moindre. Lorsque les éclisses sont porteuses, c'est-à-dire viennent en partie prendre la place de la table de roulement, comme dans le cas du joint Melaun ou du demi-joint, il y a lieu de leur prescrire le même métal et la même résistance que pour le rail.

Plusieurs cahiers des charges ont été remis en réponse au questionnaire adressé aux membres de l'association; nous nous contenterons de reproduire en annexe celui des Tramways municipaux de Francfort-sur-Mein. (*Annexe a.*)

Nous ferons remarquer en passant que certains exploitants procèdent à la réception des rails en les soumettant également à des essais de dureté par la bille et à des essais à l'acide (essais macrographiques).

Afin d'augmenter la durée de service des rails, de nombreuses compagnies de tramways ont, en ces dernières années, fait choix d'un profil aussi haut que possible (180-200 mm.); elles ont de plus donné une plus grande largeur au patin (150-180 mm.),

afin de mieux répartir les pressions sur l'assise de la voie. Les Tramways municipaux de Cologne ont même l'intention de prescrire à l'avenir une largeur de patin de 200 mm. Il nous paraît cependant douteux que les aciéries puissent sans difficulté parvenir à laminier un patin d'une telle largeur.

Il semble recommandable d'utiliser dans les voies pavées en grés taillés, un profil de rail relativement haut avec large patin; par contre, dans les voies en asphalte ou pavées en bois et d'une manière générale dans tous les systèmes de voies comportant un soubassement en béton et un encastrement du rail dans le bétonnage, la préférence devrait être donnée à un profil moins haut (150-165 mm.) à patin très large (150-180 mm.) : il convient en effet, dans ces cas particuliers, de réduire à un minimum la couche supérieure du béton, à cause des dépenses élevées de construction et d'entretien. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce point quand nous parlerons de l'infrastructure des voies.

Un autre avantage — accessoire, il est vrai — du patin large serait de répartir dans les profils des rails à gorge, les masses d'une manière plus rationnelle qu'elles ne le sont aujourd'hui; le patin large opposerait ainsi à la tête du rail une masse plus importante qu'actuellement. Il en résulterait qu'après le retrait dû au laminage, les rails resteraient beaucoup plus droits, et qu'ainsi leur redressement qui, comme on le sait, n'est pas des plus avantageux, surtout lorsqu'il s'agit de rails fortement courbés, serait facilité.

Afin de restreindre les points faibles de la voie, on cherche à réduire le nombre des joints, en mettant en œuvre des barres aussi longues que possible. En Amérique, on installe depuis de nombreuses années déjà, des rails de 20 mètres et même plus, tandis qu'en Europe, et notamment en Allemagne, l'emploi de rails d'une longueur supérieure à 15 mètres a souvent échoué par suite de la résistance rencontrée de la part des aciéries. Dans ces dernières années cependant, on rencontre des barres de 15 mètres, et depuis quelque temps même, on emploie avec succès, sur plusieurs réseaux, des barres de 18 mètres; deux compagnies ont même poussé cette longueur à 20 mètres et une autre jusqu'à 24 mètres.

Plusieurs exploitations estiment que des rails d'une telle longueur ne se laissent pas facilement courber, que leur transport est difficile et que leur manutention pour les tourner sur le chantier présente, surtout dans les rues étroites, de grandes difficultés et est même parfois impossible; ces craintes ne nous paraissent pas justifiées. Lorsque les rails de grande longueur deviendront d'un emploi plus général, les compagnies de chemins de fer et les maisons d'expédition mettront certainement à la disposition des intéressés des véhicules spéciaux excluant tout risque de déformation permanente; de plus, des dispositifs appropriés pour la manutention et la mise en place des rails de grande longueur sur chantier, sont déjà couramment en usage dans plusieurs réseaux, notamment à Vienne, à Berlin et dans d'autres villes encore. Enfin, on peut éviter de devoir tourner les rails dans les rues étroites, en prenant soin de les y amener dans le sens où ils doivent être placés plus tard.

Quoi qu'il en soit, la mise en œuvre de rails d'une très grande longueur se recommande déjà par des raisons économiques, car à mesure que la longueur des rails augmente, le nombre des joints diminue dans une très forte proportion, et par conséquent, aussi les dépenses d'installation par mètre courant et surtout les dépenses d'entretien.

Lorsque le trafic présente une grande intensité, les rails non seulement dans les alignements, mais surtout dans les parties en courbe, sont souvent, déjà après 2 ou 3 ans, usés au point que leur remplacement devient une nécessité. Pour des lignes où le trafic est aussi intense, il est à recommander de donner à la tête du rail une plus forte hauteur et de creuser davantage l'ornière. Cette manière de faire permettrait une usure plus accentuée de la table de roulement; quant au bourrelet de l'ornière qui ne suivrait pas l'usure de la table de roulement, il pourrait, grâce aux machines



à fraiser dont nous disposons aujourd'hui, être facilement meulé ou fraisé de manière à rester toujours à la même hauteur que la table de roulement et éviter ainsi toute entrave à la circulation. Il est d'ailleurs également possible d'approprier la couverture du pavage ou de l'asphalte à cette manière de faire, en ce sens que les charges

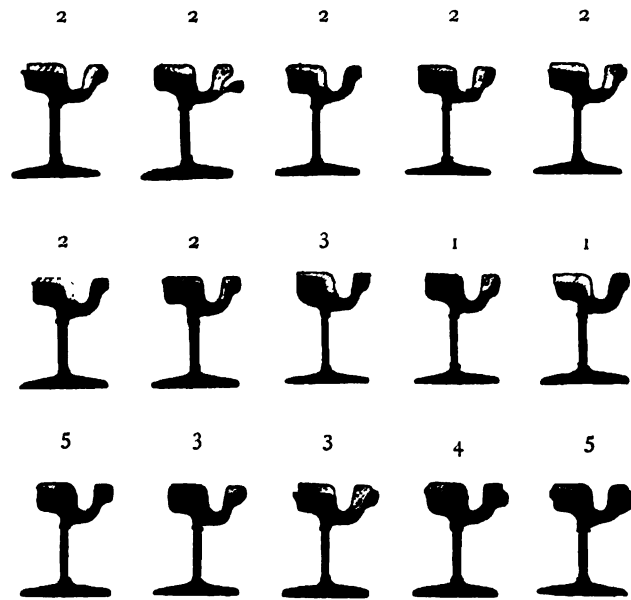


Fig. 21.

imposées aux entrepreneurs, auxquels est confié l'entretien de l'asphalte, prévoient déjà une usure de l'asphalte pouvant aller jusque 2 cm. Cette plus grande épaisseur de la table de roulement et cette plus grande profondeur de l'ornièrè donneraient ainsi aux rails une durée de service beaucoup plus longue.

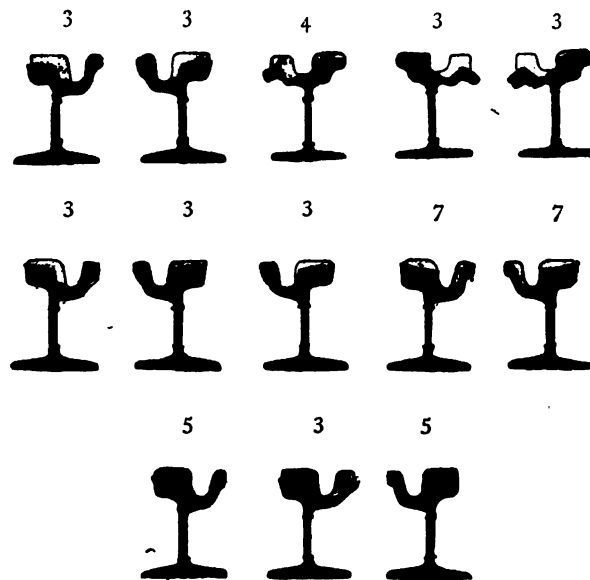


Fig. 22.

Il résulte des renseignements reçus en réponse au questionnaire, que la durée de service des rails, qui naturellement dépend de la fatigue leur imposée, varie actuellement pour les alignements : pour un trafic intense entre 10 et 20 ans et pour un trafic important entre 5 et 15 ans ; dans les courbes, cette durée est comprise respective-

ment entre 3 et 10 ans et entre 1 et 8 ans. Faisons remarquer que la plus grande durée de service donnée aux rails présente pour les exploitants de tramways, une haute importance économique, surtout dans les voies comportant un pavage en asphalte ou bois ou toute autre couverture de luxe.



Fig. 23

Les profils des fig. 21-23 donnent les degrés d'usure des rails des Tramways de Berlin après une durée de service variant entre 1 et 7 années; les chiffres au-dessus de chacun de ces profils indiquent le nombre d'années pendant lesquelles ces rails ont été utilisés.

**Joints.** — Le joint est de la plus haute importance dans la superstructure de la voie et pour son entretien ultérieur; il influe notablement, non seulement sur la durée de l'installation, mais aussi sur la conservation de l'assise et de la plate-forme et aussi de la couverture. Le matériel roulant et le retour normal de l'énergie électrique sont exposés à des préjudices graves lorsque les joints sont incomplètement serrés. Les voitures se fatiguent beaucoup lorsqu'elles passent sur des joints lâches et usés par le roulement. Les connexions électriques se relâchent et leur conductibilité diminue pour disparaître parfois complètement. Ces effets préjudiciables sur le matériel fixe et roulant influent parfois, au point de vue financier, de la façon la plus préjudiciable sur l'entreprise tout entière; aussi l'obtention d'un joint suffisamment résistant est-il l'un des problèmes les plus importants de la technique des tramways.

Les exploitants de tramways avaient cru devoir, à l'exemple des administrations de chemins de fer pour la superstructure libre de leurs voies, réserver des joints de dilatation, même dans leurs voies noyées; cette manière de faire est aujourd'hui généralement abandonnée. Peu à peu, l'on est arrivé à installer les rails l'un contre l'autre, sans intervalle aucun: il avait en effet été remarqué que dans les voies noyées, l'action de la température est loin d'être aussi prononcée que dans les voies libres. Cette action est d'ailleurs contrariée par l'emprisonnement du rail dans le pavage. De nombreuses exploitations cependant considèrent comme nécessaire, même dans le cas de voies noyées, de réserver des joints de dilatation à des distances variant de 60 à 200 mm. Quand la voie est posée en asphalte, le joint de dilatation peut toujours être supprimé; par contre, il paraît recommandable de réserver de tels joints de dilatation dans les voies noyées dans un simple pavage et là où les lignes sont exposées au soleil pendant la plus grande partie de la journée.



Fig. 24.

Plusieurs compagnies, suivant en cela la méthode américaine, ont installé leurs voies, même dans les alignements, en alternant les joints, dans l'espoir de remédier par cette disposition à la fatigue des joints et de diminuer les détériorations aux points de jonction. Le résultat fut défavorable, car dès qu'un joint était endommagé, ce qui arrivait aussi vite que dans le système des joints placés d'équerre, un creux se reproduisait sur la partie opposée du second rail (fig. 24); le nombre des chocs était d'ailleurs doublé. Alors que dans le système des joints placés d'équerre, les voitures

ne subissent qu'un léger mouvement d'inclinaison dans le sens de la marche, le système des joints alternés occasionne aux voitures un fort mouvement d'oscillations latérales, véritable roulis, des plus désagréables pour les voyageurs.

Ainsi qu'il résulte de nos précédentes recherches, on constate à nouveau aujourd'hui, par les renseignements fournis par les différentes exploitations, qu'un même joint n'est pas utilisable partout, avec les mêmes avantages. Suivant l'intensité et le caractère du service, et aussi de la circulation générale, ainsi que suivant la nature du sol, le genre d'assise de la voie et de la couverture de la chaussée, il y aura lieu de recourir à un mode d'assemblage plus ou moins simple et dispendieux.

Le laminage plus ou moins soigné du matériel, exerce une influence sur la force de résistance du joint. Dans les essais de réception du matériel de la voie, on constate souvent, aussi bien dans la hauteur du rail que dans l'emplacement des trous



Fig. 25.

d'éclisses, des écarts parfois très notables; il en résulte qu'une jonction réellement solide et intime entre l'éclisse et le rail peut à peine être effectuée sans l'intervention d'un travail mécanique ultérieur. Aussi, malgré un égalisage du joint après son parachèvement, n'est-il pas rare de voir s'y produire, même après une courte durée de service, des

ressauts qui peu à peu occasionnent le martelage des abouts, déterminant ainsi des détériorations qui obligent rapidement au renouvellement de la voie.

La valeur de chaque système de joint devra donc être envisagée d'après la mesure dans laquelle il sera susceptible d'éviter les solutions de continuité de la voie, c'est-à-dire de permettre l'établissement durable d'une surface de roulement plane et autant que possible sans choc. Cette manière d'apprécier la valeur d'un système de joint, variera naturellement suivant les différentes exploitations.

Afin d'éviter un martelage des abouts des rails, différentes méthodes ont été jusqu'ici préconisées; c'est ainsi qu'on a mis à l'essai des joints taillés en biseau, des joints à feuillure, des demi-joints, des joints à âme conjuguée; afin de rendre le joint plus résistant, on employa également des éclisses à cornières et à patin, ou bien l'on coula du métal autour du joint; depuis quelque temps on fait usage de sabots de divers genres, d'éclisses à patin combinées de différentes manières avec des sellettes et des plaques de coinçage; nous signalerons également la nouvelle éclisse de tête système Melaun, le système dit à double traverse, et encore les différents procédés de soudure aujourd'hui en usage.

Les opinions concernant la valeur de ces différents systèmes de joints, diffèrent beaucoup les uns des autres. La contradiction dans les avis s'explique d'une part par la qualité du laminage, mais surtout par le fait qu'un système de joints qui, dans une exploitation à grand trafic, serait rapidement usé, ne présentera, dans une autre où le service est moins actif, les premières traces d'usure que longtemps après son installation, parfois même après de nombreuses années seulement.

Les assemblages des rails dans les voies de tramways peuvent actuellement être classés en deux groupes :

I. Assemblages qui peuvent être rapidement placés et enlevés : a) Joints à éclisses ; b) Joints à sabot.

II. Assemblages qui sont installés d'une façon durable et ne peuvent plus être enlevés : a) Joints coulés ; b) Joints soudés.

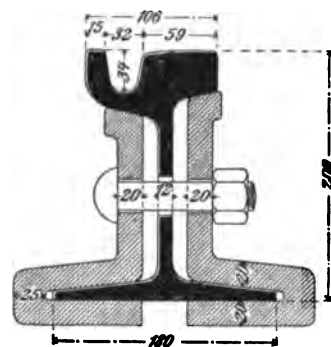


Fig. 26.

La résistance d'un bon assemblage tant aux efforts verticaux qu'aux efforts latéraux, doit être au moins celle du rail dans sa partie pleine ; de plus, le joint doit pouvoir réagir contre le déplacement vers le haut des abouts des rails. Pour répondre à ces conditions, les joints affectent les dispositions les plus diverses.

L'essai d'un joint assemblé en biseau sous un angle de  $45^\circ$ , n'a conduit à de bons résultats ni auprès des Tramways de Breslau, ni auprès de ceux de Berlin. Il dut être bientôt abandonné. Le joint se déformait rapidement et, malgré l'application du



Fig. 27.

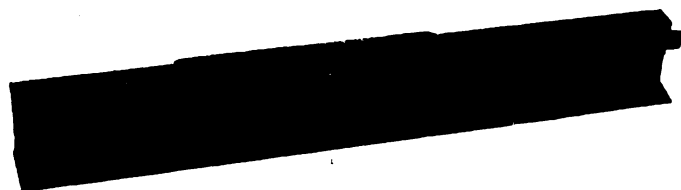


Fig. 28.

système Falk, ne tarda pas à être complètement détruit (fig. 25). Les Tramways de Hambourg ont obtenu de bons résultats au moyen d'un joint biseauté sous un angle de  $68 \frac{1}{2}^\circ$  avec assemblage par double éclisse à patin. Des joints biseautés sous un angle moindre que  $80^\circ$  en combinaison avec une double éclisse à patin, ont également été employés pour les profils relativement forts, récemment lancés sur le marché pour les rails à gorge (62 kg. par m. c.) (fig. 26) ; il est probable que ce système d'assemblage, s'il est bien appliqué, donnera pour ce lourd profil une bonne résistance.



Fig. 29.



Fig. 30.

Les joints assemblés bout à bout et les joints à feuillure, réunis simplement par des éclisses plates ou cornières, n'ont trouvé en général que peu d'applications dans les voies de tramways ; ils ont cependant donné, dans quelques rares exploitations, de bons résultats ; dans d'autres, des résultats médiocres.

Le demi-joint système Schmidt qui, dans les exploitations à traction animale et aussi dans certaines exploitations à traction mécanique présentant un service peu intense, donna des résultats relativement satisfaisants, n'a plus présenté qu'une résistance minime dans les exploitations à traction électrique présentant un trafic quelque peu intense. Tel fut, par exemple, le cas sur les lignes de Tramways de

Berlin ; bien qu'assemblé par des éclisses à patin, ce joint a montré une telle usure (fig. 27) qu'après une mise en service relativement courte, les rails durent être renouvelés ou les joints remplacés par les joints du système Melaun. La demi-éclisse montrait sur toutes les lignes où ce joint était employé, une tête aplatie sur toute la largeur ; sur sa longueur également, les demi-têtes des rails étaient complètement écrasées (fig. 28). Les lignes très fréquentées présentèrent de plus de nombreuses éclisses complètement fendues (fig. 29 et 30).

Ces résultats peu satisfaisants doivent être attribués au fait que dans le demi-joint les abouts sont, encore moins que le joint ordinaire à éclisses, en état de supporter la pression des roues, car seule l'éclisse intérieure présente un large épau-



Fig. 31

lement en dessous de la tête du rail, cet épaulement est tout à fait insuffisant pour l'éclisse de tête. Il s'ensuit donc que cet épaulement, et par conséquent aussi celui de l'éclisse intérieure, est bientôt écrasé sous l'action des martelages successifs des abouts, et les boulons ainsi soumis à un effort de traction, ne tardent pas à se desserrer. La rainure longitudinale dans la surface de roulement s'ouvre et les roues des voitures, en passant sur cette rainure ouverte, y compriment peu à peu une partie du métal de la tête du rail, car par suite du mouvement alternatif de haut en bas imprimé aux abouts des rails, les arêtes supérieures du rail et de la tête de l'éclisse se frottent l'une contre l'autre (fig. 31 et 32). La compression progressive des bavures dans la rainure écarte de plus en plus les abouts des rails de la partie supérieure de l'éclisse de tête, et les boulons ne sont bientôt plus en état de résister à cet effort de coinçage.

Les éclisses porteuses donnant une surlargeur à la tête de roulement, qui étaient auparavant souvent employés auprès des joints déjà martelés, ne paraissent plus être en usage dans les réseaux des compagnies ayant répondu au questionnaire. Bien que

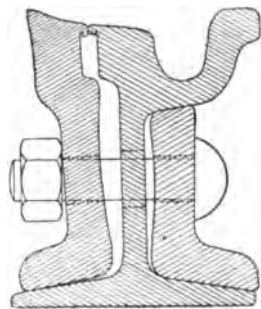


Fig. 32.

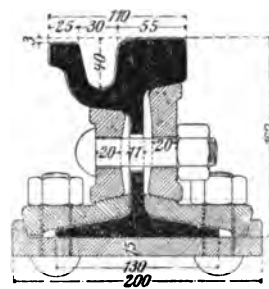


Fig. 33

ce genre d'éclisses tempère les martelages, pendant une période très courte d'ailleurs, le choc des voitures ne peut à la longue être évité, car cette étroite éclisse placée à l'extérieur de la table de roulement, n'est pas assez forte pour présenter une résistance suffisante à la pression exercée par les lourdes voitures motrices aujourd'hui employées et ne tarde pas à être écrasée très rapidement.

Les Tramways de Madrid ont obtenu de bons résultats dans leurs assemblages, au moyen de coupons de rails rivés patin à patin. De même, sur le réseau des Tramways de l'Est parisien, les joints sont armés de fer à T rivés sous le patin ; dans les anciennes voies de ce réseau, les joints sont consolidés au moyen de coupons de vieux

rails rivés patin contre patin ou posés à plat et bourrés au béton de gravillon. Les résultats obtenus de cette manière sont, paraît-il, satisfaisants.

Les Tramways de Strasbourg renforcent avec succès leurs assemblages à éclisses dans les rues asphaltées sur béton, par une semelle de  $260 \times 350$  mm. et de 10 mm. d'épaisseur.

Les Tramways de Berlin ont procédé à des essais au moyen du joint à plaque de soubassement des « Westphälische Stahlwerke » (fig. 33); ce système d'assemblage a pour but de produire sur toutes ses faces, une application intime de l'éclisse et du

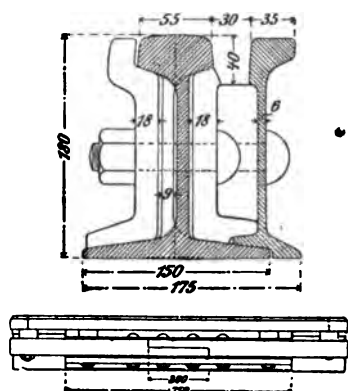


Fig. 34.

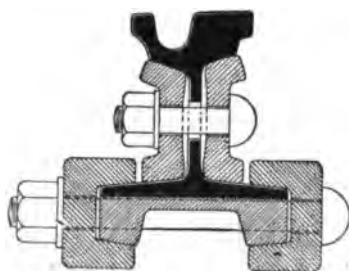


Fig. 35.

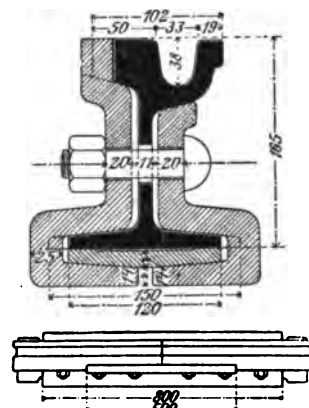


Fig. 36.

rail; à cet effet, l'éclisse est divisée en plusieurs parties qui, par l'intermédiaire de boulons et d'épaulements inclinés, sont fortement pressées non seulement les unes contre les autres mais aussi contre le rail. Jusqu'ici, les résultats obtenus par ce mode d'assemblage ont été satisfaisants pour les voies en pavage; ils sont au contraire moins favorables dans les voies asphaltées.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, plusieurs exploitations emploient avec succès le rail à recouvrement avec âme conjuguée du système Haarmann, laminé par le Georg-Marien-Bergwerks- und Hütten-Verein à Osnabruck. Les joints à

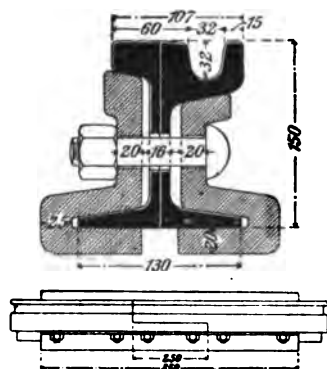


Fig. 37.

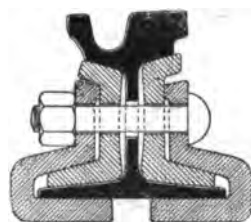


Fig. 38.

recouvrement employés dans ce système de voie, se sont bien comportés; ils demandent cependant beaucoup de soins dans la pose. La fig. 34 donne la section et une vue en-dessus du joint de ce système, installé à Amsterdam; il comporte une éclisse haute externe.

Le joint à pinces emprisonnant le patin du rail (fig. 35), fabriqué par le Hoerder-Bergwerks- und Hütten-Verein a été installé en 1904 par les Tramways de Berlin, et aussi par le Tramway de Halle-Mersebourg; cette installation est encore trop récente pour que nous puissions nous prononcer sur la valeur de ce joint.



Les deux éclisses sont alors maintenues au moyen de deux petites fiches, puis les abouts des rails mis au même niveau, soit au moyen d'une règle métallique, soit au moyen d'un niveau, de façon à ce que des coins d'acier puissent être introduits par de petits coups de marteau entre la tête du rail et l'éclisse de même qu'entre son patin et l'éclisse. Les éclisses sont alors intimement fixées aux rails par 4 boulons ; les 12 trous de rivets sont retravaillés par une foreuse pneumatique ; enfin les éclisses rivetées par une riveteuse pneumatique. La foreuse comme la riveteuse sont sur chariot. Les ouvertures latérales des éclisses le long du patin sont remplies d'argile ; les ouvertures latérales le long de la tête sont, pour autant que cela soit nécessaire, garnies d'un mélange spécial composé d'amiante et d'aluminium. Les rails et éclisses sont alors chauffés, puis du zinc en fusion coulé dans les ouvertures latérales ; l'introduction de ce zinc en fusion s'obtient au patin



Fig. 40.

par une ouverture de 2,5 cm., et à la tête par une petite ouverture réservée dans le garnissage de l'amiante. Le matériel nécessaire à toutes ces opérations est transporté par un train de 4 voitures (fig. 40) sur lesquelles sont montées la soufflerie à sable, la foreuse pneumatique, la riveteuse pneumatique et le four à fusion avec réchauffeur.

D'après les renseignements qui nous ont été fournis par les ingénieurs de la Philadelphia Rapid Transit Co, ce joint au zinc donnerait de bons résultats. Nous avons eu l'occasion de rouler plusieurs fois sur des lignes équipées de ce système d'assemblage depuis trois ans, et nous n'avons jamais observé de secousses quelconques au passage de la voiture sur les joints. En examinant de plus près ces assemblages, nous n'avons également constaté aucun relâchement du joint ou aucune détérioration aux abouts des rails.

Les ingénieurs de Philadelphie accordent plusieurs avantages à ce système : il épouse complètement le profil du rail, ne se détériore pas en service, procure une bonne connexion électrique, et est à préférer aux différents systèmes de soudure ou de coulage, car il peut en tout temps être facilement enlevé. Des essais très précis ont été entrepris à plusieurs reprises différentes pour établir la conductibilité électrique



de cet assemblage ; ils ont porté sur des joints établis depuis plusieurs années. Plusieurs joints furent enlevés, puis sciés suivant différents profils ; il fut constaté que le zinc était intimement lié aux rails et aux éclisses qui, comme nous l'avons fait remarquer plus haut, étaient préalablement décapés au sable. Ces essais, comme aussi d'autres effectués sur la voie même, démontrèrent l'excellente conductibilité du joint en question.

Nous ferons encore remarquer que le principe de ce joint découle du procédé souvent utilisé pour maintenir en place les pièces centrales interchangeables des croisements et pointes de cœur.

Ajoutons, pour terminer, que chaque joint réclame 10 à 12 kg. de zinc ; qu'une équipe de 16 à 22 hommes peut confectionner journallement de 45 à 55 joints et que le prix de revient par joint est d'environ 5 dollars, soit 26 francs.

Nous croyons qu'il y aurait intérêt de procéder à quelques essais dans cette voie, au moyen d'éclisses à patin spécialement appropriées, car il est à remarquer que le zinc tout comme l'éclisse peuvent toujours être réemployés.

Parmi les assemblages à éclisses, il faut encore comprendre comme éclisse à couvre-joint, le joint du système Melaun. Ce joint n'étant encore que relativement peu connu, nous croyons en devoir une description quelque peu complète.

Le joint *Melaun* est appliqué à Vienne et à Berlin sur une vaste échelle, tant pour la réfection des joints devenus défectueux par suite d'usure prononcée que pour les nouvelles installations. Il est également en usage sur les réseaux d'Oberhausen, Brême, Hanovre, Posen, Varsovie, de même qu'auprès de la Grande Compagnie des Tramways de Leipzig, de la Compagnie des Tramways de Magdebourg et d'autres exploitations encore.

La longueur des voies équipées du joint Melaun s'élève jusqu'à ce jour à environ 590 kilomètres.

Dans leur réponse au questionnaire, les Tramways municipaux de Vienne se prononcent sur le joint Melaun comme suit : Les bons résultats obtenus dans la réfection des joints défectueux nous ont conduits à faire également l'application de ce système dans les poses nouvelles. L'éclisse couvre-joint donne un roulement très doux aux voitures ; la pression des roues se reporte sur le joint sans aucun jeu de l'éclisse ; celle-ci est appuyée fortement grâce aux coins en métal tendre qui compensent toutes les inégalités du profil dans les épaulements de l'éclisse et par suite, les boulons restent bien serrés. Les quelques cas de desserrage qui se sont produits en même temps qu'une dépression du rail, provenaient d'un mauvais coinçage.

Nous ferons ici remarquer qu'à Berlin, où plusieurs milliers de joints sont aujourd'hui installés, il n'a été constaté jusqu'ici aucun relâchement de l'assemblage. Même dans les nouvelles voies installées, il y a plus de cinq ans, dans la Potsdamerstrasse et où précisément ont été établis les premiers joints Melaun, aucun relâchement n'a été relevé. Dans les rues pavées en grès cependant, quelques interstices se sont produits en hiver, mais on n'a pu constater jusqu'à présent de ce chef, aucune influence quelconque dans le travail de l'éclisse, ni aucune formation de bavures aux arêtes de ces interstices, bien qu'en ces points, on entende un très léger choc au passage de la voiture. Un jugement définitif ne peut naturellement être porté après deux années d'emploi seulement ; mais on peut néanmoins avancer que le joint Melaun a donné jusqu'ici pleine satisfaction.

A Vienne, le procédé Melaun a été appliqué jusqu'ici à 4810 joints devenus défectueux : 300 joints en 1904 et 4510 joints en 1905. Pour l'année courante, l'application portera probablement sur 5700 joints.

A Vienne, en 1905, la longueur des voies nouvelles équipées du joint Melaun s'est élevée à 17,8 km. ; pour l'année courante, 20 autres kilomètres seront équipées de la même façon.

Vienne se propose d'appliquer exclusivement le joint Melaun tant sur ses nouvelles lignes que pour ses lignes anciennes ; ce joint a donné en effet, dans ce réseau, pleine satisfaction et, d'après les résultats recueillis jusqu'ici, il est à supposer que l'usure au joint ne sera pas plus prononcée que dans les autres parties du rail.

Les Tramways de Brême qui, à côté du joint Melaun, emploient également l'éclissage ordinaire, le demi-joint et les éclisses à patin, donnent la préférence au joint Melaun.

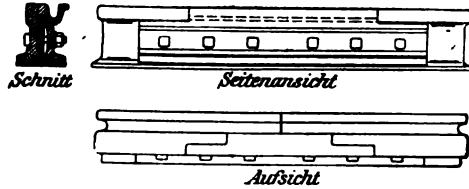


Fig. 41.

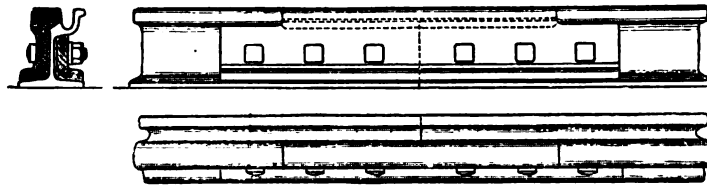


Fig. 42.

Les Tramways de Hanovre appliquent sur les voies nouvelles, le joint par soudure Goldschmidt et, pour la réfection des joints devenus défectueux, le joint Melaun ; l'un et l'autre système ont donné de bons résultats.

Les Tramways de Magdebourg estiment que le sabot porteur, le joint Melaun et le joint Goldschmidt donneront, d'après les essais auxquels il a été procédé, présumablement de bons résultats ; aussi leur maintiennent-ils la préférence pour la suite.

La Grande Compagnie des Tramways de Leipzig a également procédé à des essais du joint Melaun sur d'anciennes voies ; mais ces essais sont encore trop récents pour que cette exploitation puisse se prononcer sur leur valeur.

Les Tramways de Posen et de Varsovie, qui ont également fait quelques applications du joint Melaun, n'ont pas répondu au questionnaire.

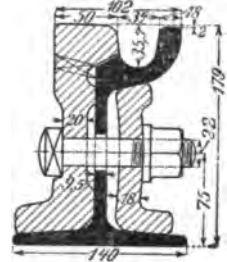


Fig. 43.



Fig. 44.

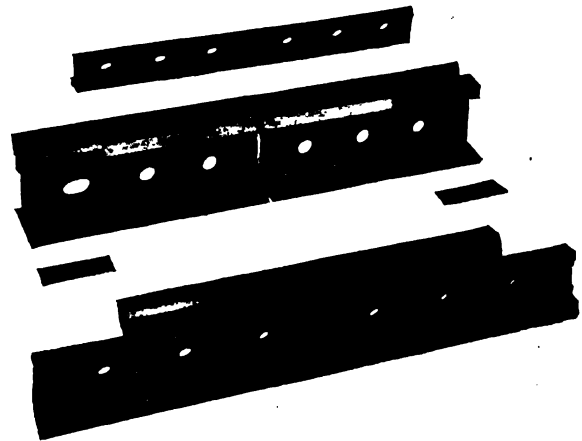


Fig. 45.

Le premier essai du joint Melaun a été entrepris par les Tramways de Berlin, il y a cinq ans, sur une ligne à trafic très intense (1). Les joints exécutés alors sont

(1) Voir *Zentralblatt der Bauverwaltung*, n° 13, du 9 janvier 1904, page 18 ; *Zeitschrift für Kleinbahnen*, 1904, pages 255 à 258, et 1905, page 603.

encore en bon état aujourd'hui. Le système d'assemblage employé pour ce premier essai, est donné par la figure 41. L'expérience a démontré que la feuillure prévue

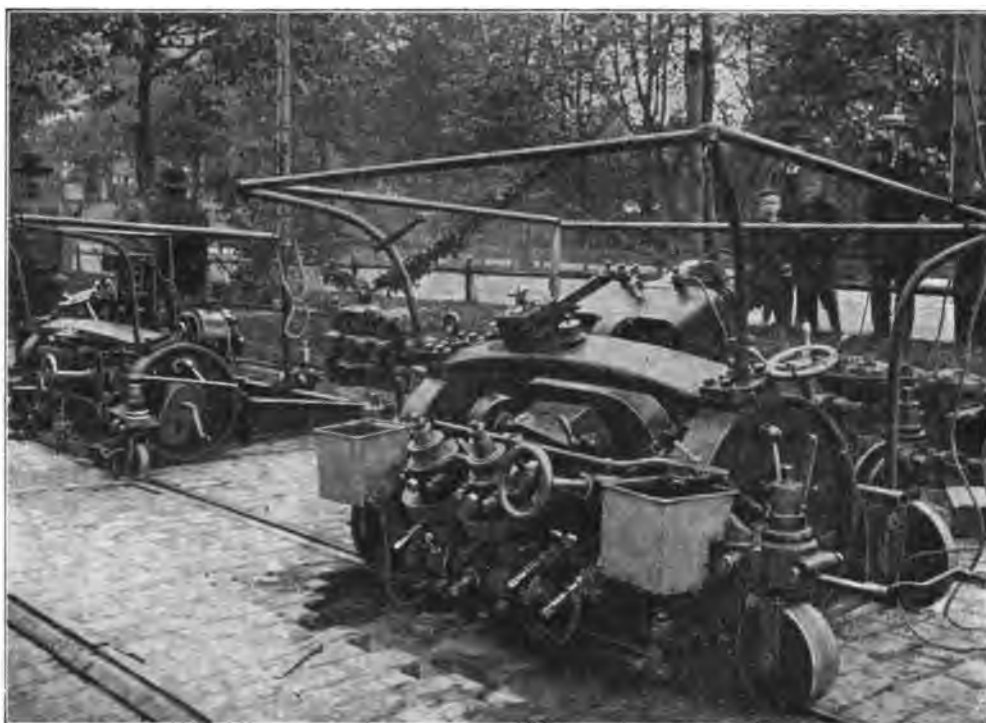


Fig. 46.

dans ce premier joint n'est pas nécessaire ; qu'au contraire, le joint sans feuillure est usé d'une façon beaucoup plus uniforme et qu'il est aussi plus économique.

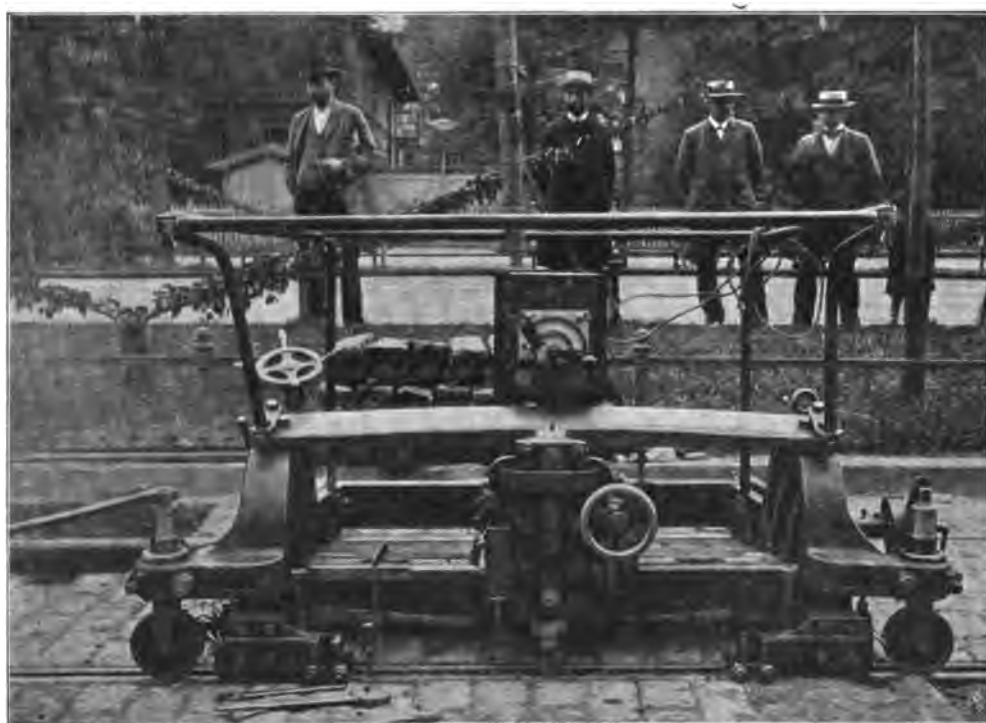


Fig. 47.

Comme l'on peut s'en rendre compte par les figures 42 à 45, le joint Melaun est très simple. A chaque about, la table de roulement du rail est, sur une certaine lon-

gueur et sur une certaine profondeur, enlevée dans toute sa largeur. La brèche ainsi formée dans la table de roulement, est comblée par la tête d'une éclisse extérieure à champignon, tandis que les deux extrémités de cette éclisse empattent des deux côtés sous la tête des rails. L'influence des inégalités de profil des épaulements des éclisses est supprimée grâce à l'interposition d'un coin en métal tendre. L'éclisse à champignon repose par toute sa longueur sur les semelles des deux bouts de rail ; de plus, grâce à de petits épaulements, elle est maintenue par des boulons contre l'âme du patin, de telle façon que le champignon d'éclisse doit inévitablement rester dans l'alignement du champignon du rail. Le champignon d'éclisse n'étant soutenu d'aucune part, l'éclisse extérieure forme donc un rail intermédiaire indépendant dont la surface de roulement reçoit la totalité des pressions pour la reporter sur les semelles des deux bouts de rails. Les roues passent donc la brèche formée dans le rail sur la table de roulement du champignon d'éclisse comme sur un pont, et ce sans toucher les bouts des rails.

Les deux joints se trouvant aux extrémités de la brèche et qui sont formés par la jonction du champignon d'éclisse et des deux têtes de rails, ne sont pas des joints dans le sens propre du mot, car ils ne traversent que la tête seule du rail ; en dessous de cette tête, se rencontrent en effet, à chaque assemblage, ou bien l'âme et le patin du rail, ou bien l'âme et le patin de l'éclisse à champignon ; tous ces organes s'emboîtent les uns dans les autres et sont intimement réunis entre eux, de telle sorte que le passage des voitures au-dessus de cet assemblage, rend impossible toute formation de ressauts.

Dans ce système d'assemblage, l'éclisse intérieure ne joue plus qu'un rôle secondaire ; elle ne doit plus, comme dans les autres assemblages par éclisses, soutenir la tête des rails aux bouts ; son seul but est d'assurer un bon éclissage latéral et de fournir ainsi au joint une meilleure résistance contre toutes les forces transversales.

Un des principaux avantages du joint Melaun réside dans la possibilité de pouvoir facilement renouveler les joints usés sans devoir, pour cette opération, enlever les rails hors du pavage. Pour couper les bouts martelés et pour placer les éclisses à champignon, il suffit en effet, de dégager le rail de chaque côté du joint, sur une longueur de 1,20 m. au plus et une largeur de 200 mm. au plus.

Les machines employées par le procédé Melaun pour découper les joints usés sont données par les fig. 46 et 47. La machine représentée par la fig. 46, est une machine destinée à enlever par fraisage les bouts détériorés. La fig. 47 montre la machine à égaliser par fraisage les tables de roulement, après installation de l'éclisse à champignon, dans le cas d'une légère surélévation de celle-ci.

Les fig. 48 et 49 donnent une coupe et une vue en plan de la machine actuellement en usage aux Tramways de Berlin pour découper les bouts de rails. Elle comporte un châssis sur lequel repose le support *f* mobile autour de son axe dans un disque *b*. Sur le rapport se trouve un croisillon portant l'appareil de fraisage. La partie supérieure du support, pouvant se mouvoir transversalement à l'axe de la voie, porte l'arbre de fraisage *g* et le moteur électrique *i*. Le mouvement est transmis par des roues à engrenages, droits et coniques. Grâce à cette disposition, les arbres à fraiser peuvent, par la manœuvre d'une seule roue à main *h*, travailler sous différents angles, transversalement à l'axe de la voie, car le support et son croisillon, la boîte de fraisage, le moteur et le système d'engrenage, ne forment qu'un tout. Le travail sous différentes inclinaisons est indispensable, car les tables de roulement doivent être entaillées sous différents angles, suivant les profils de rails.

La machine est portée tout entière par 3 petites roues en fonte *r* ; ces dernières permettent un déplacement en tous sens sur le pavage. De plus, la machine peut être élevée ou abaissée au moyen de deux leviers manœuvrés par deux ouvriers, de façon à reposer ou sur les roues, ou bien directement sur les rails au-dessus du joint à réfectionner ; dans ce dernier cas, les roues sont relevées.

Les machines à fraiser sont transportées sur chantier au moyen d'un chariot spécialement construit à cet effet (fig. 50); le chargement et le déchargement se font très rapidement comme suit : la machine est poussée sous les supports du chariot et

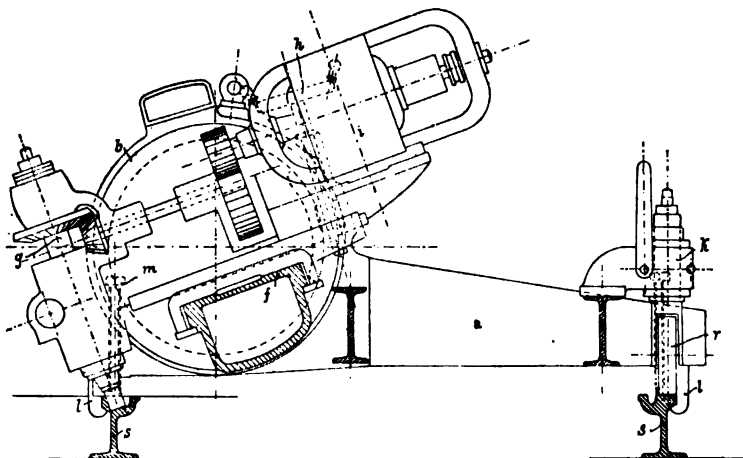


Fig. 48.

suspendue à des chaînes; sur les supports se trouvent deux treuils au moyen desquels deux ouvriers accrochent, en moins d'une minute, la machine aux longrines. Le

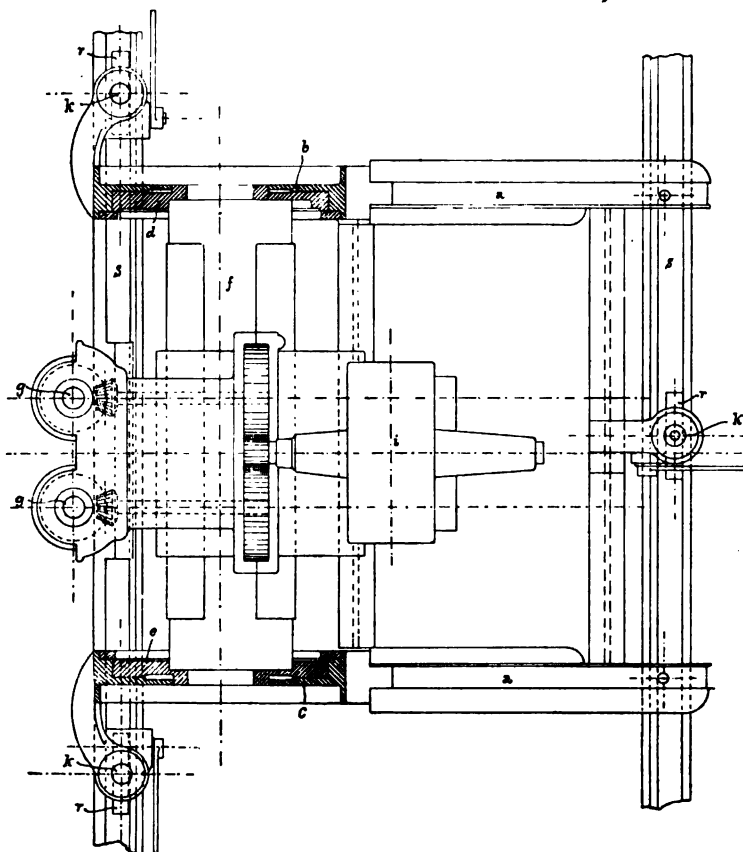


Fig. 49.

déchargement sur chantier s'obtient très simplement par la manœuvre inverse des treuils.

Sur le chantier même, la machine est facilement déplacée de joint en joint par les ouvriers. Lorsqu'elle se trouve en place, elle est fortement maintenue contre les rails

par des pinces spéciales *l* (fig. 48), que l'on serre par quelques tours de manivelle. La fraiseuse est alors inclinée sous l'angle voulu au moyen du volant à main *h* et est ainsi prête à travailler. Le moteur électrique *i* est relié au fil de trolley par une perche en bambou comportant à son extrémité un crochet en cuivre qui la suspend au fil de travail. Le câble souple qui part de ce crochet en cuivre, est fixé au moteur par une fiche de contact.

Le fraisage des parties détériorées des tables de roulement a lieu comme suit. La boîte de fraisage comporte deux fraiseuses espacées d'environ 300 mm.; ces fraiseuses sont réglées de façon à attaquer le rail sur sa face extérieure et immédiatement à la profondeur désirée. La machine étant alors mise en mouvement, les fraiseuses entaillent la tête du rail jusqu'à la gorge; cette opération terminée, le mouvement transversal du support est connecté en un mouvement longitudinal et les deux fraiseuses marchant l'une derrière l'autre, pratiquent dans la tête du rail une rainure longitudinale; on les fait fonctionner jusqu'à ce que la longueur du fraisage désirée soit obtenue. Le mouvement transversal est alors rétabli, mais le premier fraiseur



Fig. 50.

seul travaille, tandis que le second tourne à vide. Grâce à ce *modus operandi*, la partie du rail à découper n'est pas enlevée sous forme de copeaux; sauf sur une très faible partie, elle est en effet détachée en un seul morceau.

Le découpage effectué comme il vient d'être dit, dure, y compris le placement de la machine, de 25 à 30 minutes par joint; quant au renouvellement proprement dit de la partie usée, il prend de 30 à 35 minutes, y compris l'ajustage des abouts, le placement de l'éclisse de tête et l'égalisation de la table de roulement. Le placement complet d'un nouveau joint prend donc une heure environ.

Dès que le travail est terminé, la machine est écartée du rail, les fraiseuses relevées au moyen du volant à main; puis, par l'intermédiaire de leviers, l'appareil est remis sur ses roues et conduit au joint voisin.

Les dépenses de renouvellement d'un joint se montent, suivant le profil du rail et l'importance de la commande, de 45 à 50 marks environ.

Dans les premiers temps, le fonctionnement de la machine nécessitait par joint, une dépense d'énergie s'élevant à 24,65 pfennigs (prix du kilowattheure : 9 pfennigs). Grâce à certaines améliorations apportées à la machine et aux fraiseuses, l'énergie électrique nécessaire à l'établissement d'un joint Melaun se trouve actuellement réduite aux chiffres suivants : *a*) découpage du rail : 1,7 kilowattheure; *b*) égalisation de la table de roulement : 0,20 kilowattheure, soit donc au total : 1,9 kilowattheure par joint, ce qui correspond à une dépense de  $1,9 \times 0,09 = 17,55$  pfennigs.

La construction d'un joint Melaun, dans une voie établie en rails de 12 m., oscille donc entre  $\frac{2 \times 45}{12}$  Mark et  $\frac{2 \times 50}{12}$  Mark, soit entre 7,50 M. et 8,35 M. par mètre de voie. Il est à remarquer que le joint Melaun ne nécessite pas, comme nous l'avons déjà fait remarquer, l'enlèvement du rail hors du pavage. Lorsque la voie est

établie en rails de 15 m., le prix de revient par mètre de voie se réduit respectivement à 6,00 Mark et 6,65 Mark.

Si, par suite d'une réfection ou d'un renouvellement de la couverture de la chaussée, les rails peuvent être enlevés du pavage, leur appropriation et leur remise en place avec joint Melaun revient, pour des barres de 12 à 15 m., respectivement à 5 Mark et 4 Mark par mètre de voie.

Plusieurs aciéries livrent aujourd'hui des rails à gorge appropriés pour joints Melaun, à peu près au même prix que les joints appropriés pour demi-joint ou joint à feuillure; l'appropriation des abouts pour l'application du joint Melaun s'établit en effet plus facilement que pour les derniers cités.

Le matériel d'une équipe comprend : une machine à fraiser avec deux fraiseuses pour l'enlèvement de la tête du rail, une machine à fraiser avec une fraiseuse pour



Fig. 51.

l'égalisation de la table de roulement, un chariot pour le transport des outils et du matériel nécessaire, un compresseur pour le fonctionnement d'un ciseau perceur à fonctionnement électropneumatique, destiné à briser le béton autour du joint dans les rues asphaltées ou pavées en bois.

Le découpage des têtes de roulement aux deux abouts du rail, peut aussi être effectué par les compagnies de tramways elles-mêmes, non seulement sur de nouveaux rails, mais aussi sur d'anciens rails, dès que ceux-ci sont enlevés du pavage; cette opération peut se faire en n'importe quel endroit, soit sur la ligne même, soit au dépôt, et ce au moyen d'une petite fraiseuse transportable. Cette opération est indiquée par la fig. 51. Le dispositif de fraisage, simplement fixé à l'about du rail, est actionné par l'intermédiaire d'un arbre à genouillère relié d'une part à un moteur électrique recevant le courant du fil de trolley. Les compagnies de tramways peuvent de cette façon approprier elles-mêmes des rails neufs ou vieux, à l'application du joint Melaun.

Les éclisses de tête peuvent être livrées, prêtes à la pose, indifféremment soit directement par les aciéries, soit par la Gesellschaft für Oberbau-Ausführungen à Berlin.

Le dispositif de fraisage dont nous venons de parler peut également être utilisé pour l'exécution du joint Melaun dans des voies restant en pavage; cette manière de faire n'est cependant rationnelle que lorsqu'il s'agit d'un seul joint ou tout au plus d'un petit nombre de joints. Dès que le nombre de joints à installer est quelque peu important, il est préférable d'employer les grosses machines précitées, car ce n'est

que de cette façon seulement que l'on peut arriver à exécuter rapidement ce travail de réfection.

Dans les voies du système Haarmann, les joints martelés peuvent également être réfectionnés par le joint Melaun; dans ce cas, la totalité de la tête du rail est enlevée.

Le joint Melaun a, dans ces trois dernières années, été appliqué maintes fois à des voies assemblées d'après le procédé Falk; les résultats obtenus ont toujours été satisfaisants. Pour le remplacement du joint Falk par le joint Melaun (fig. 52 et 53), on opère de la façon suivante : la partie détériorée du rail est découpée sur toute sa longueur par une puissante scie à froid; puis la tête du rail est enlevée par fraisage sur une certaine longueur des abouts restants; les éclisses à champignon sont alors mises en place tout comme le joint Melaun ordinaire. Quant au contre-rail, on remplace la partie enlevée par un coupon de rail de la longueur voulue; l'éclisse antérieure ayant été mise en place, toutes les pièces sont fortement serrées au moyen de 7 boulons ou plus, suivant la longueur de la pièce enlevée. On termine par



Fig. 52.

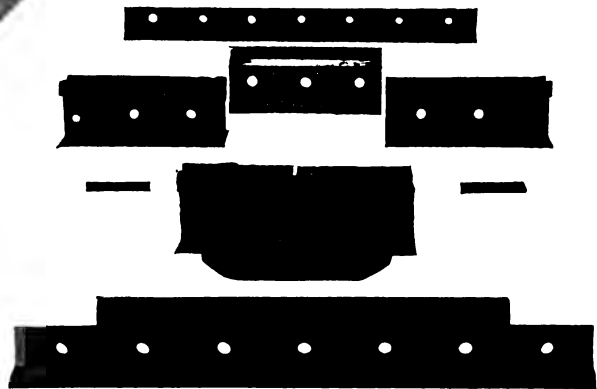


Fig. 53.

le placement des coins d'acier. L'application du joint Melaun aux voies coulées d'après le procédé Falk, n'a donné lieu jusqu'ici à aucune difficulté.

Nous ferons encore remarquer que, grâce au joint Melaun, les rails brisés ou les parties défectueuses de la table de roulement par suite d'un métal trop tendre dans le corps même de la barre, peuvent être aisément écartés, sans qu'il soit nécessaire d'enlever les rails hors du pavage.

D'après les résultats obtenus à ce jour, le joint Melaun peut aussi être efficacement utilisé dans le cas d'affaissement des voies survenant dans des terrains détremés ou dans le cas de tassements dans des régions minières; ces diverses causes produisent en effet des tensions ou des pressions déterminant des crevasses ou des écrasements aux abouts des rails; ces défauts sont facilement éliminés sans qu'il soit besoin d'enlever la voie, simplement par le placement de nouvelles éclisses à champignon de longueur appropriée.

En général, le joint Melaun donne à la voie une surface de roulement complètement plane, dans laquelle les joints sont tout à fait insensibles. Ce résultat sera toujours obtenu si l'on a soin de bien ajuster l'éclisse à champignon entre les têtes des deux abouts de rail. Toutefois, afin d'éviter le gondolement de la voie pendant les fortes chaleurs de l'été, les éclisses à champignon ne sont pas serrées à fond à tous les joints; de distance en distance, les joints sont laissés un peu plus lâches; mais en hiver, ces joints laissés un peu lâches, peuvent, par suite du rétrécissement



du rail, donner lieu à la production de petits interstices transversaux. Ces interstices transversaux peuvent d'ailleurs également se produire, surtout dans les voies en pavage, lorsque l'empierrement, par suite de la nature du sol, se dérobe sous la voie, produisant ainsi une flexion du rail sur une certaine longueur. Les fentes résultant des causes qui viennent d'être indiquées, ne sont nullement préjudiciables, ainsi que l'on a pu s'en rendre compte par les observations faites jusqu'ici. On pourrait d'ailleurs en éviter complètement la production, en serrant fortement la totalité des éclisses à champignon et en intercalant de distance en distance un joint représenté par la fig. 41, et comportant un joint de dilatation approprié.

On peut aussi, là où des traces de rainure se montreraient, éliminer celles-ci par le placement d'éclisses à champignon de plus grande longueur.

Sur le réseau des Tramways de Berlin, qui comporte plusieurs milliers de joints Melaun, la production de rainures a été très rare. Bien que la maison qui s'était chargée de l'exécution des joints Melaun et de leur entretien, considérât ces rainures comme complètement inoffensives, celles-ci furent cependant supprimées par le placement d'éclisses à champignon de plus grande longueur.

On avait à l'origine redouté que, dans les voies anciennes dont tous les joints avaient été réfectionnés par le procédé Melaun, le rail ne présentât à la longue une usure peu régulière; l'éclisse à champignon était en effet d'un métal autre que le rail. Cette crainte ne s'est pas réalisée jusqu'à présent : l'usure des rails et des éclisses à champignon comporte, au contraire, une usure si régulière que le roulement des voitures continue à s'effectuer sur ces voies sans choc aucun. Dans les installations nouvelles, nous prescrivons naturellement toujours pour l'éclisse à champignon le même métal que pour le rail.

La maison qui a procédé à l'installation des joints Melaun sur le réseau de Berlin, a garanti une circulation sans secousse aucune, pour une durée de quatre années; elle s'engage à effectuer à ses frais la réparation de tous les défauts qui se produiraient aux joints pendant cette durée de garantie; elle s'engage de plus à supporter toutes les dépenses accessoires du chef de l'ouverture et de la réfection du pavage, du bétonnage, de l'asphaltage, etc. Comme donc, même après ces quatre années de garantie, les joints Melaun ne doivent occasionner aucun choc, il est à prévoir qu'ils ne demanderont pas à être remplacés pendant un plus grand nombre d'années encore. La garantie accordée pour la maison concessionnaire du brevet Melaun, est de la plus haute importance pour les réseaux comportant un trafic intense; en effet, jusqu'ici, par suite d'une usure trop accentuée des joints, on était souvent obligé de renouveler complètement la voie après une période variant entre trois et six années. Grâce au joint Melaun, les voies peuvent aujourd'hui rester en place, notamment les voies établies en asphalte ou en pavage au bois; il s'ensuit que les dépenses totales de réfection, y compris les travaux secondaires, tels que réencastrement des rails détachés, ouverture et réfection du béton, mise en état de la couverture d'asphalte ou du pavage au bois, s'élèveront à peine, suivant le genre de la voie et la couverture de la chaussée, au tiers, voire même au 1/6 des dépenses qu'aurait réclamées le renouvellement complet de la voie. En outre, il y a encore lieu de remarquer que, grâce à l'absence de chocs, le matériel roulant a sensiblement moins à souffrir, que la consommation de courant est moindre, enfin que la circulation des voitures peut être plus rapide, n'occasionne aucun bruit et offre plus d'agrément aux voyageurs.

Au lieu d'employer des coins en acier doux pour les vides subsistant entre les extrémités des éclisses et les têtes des abouts, les Tramways de Berlin remplissent depuis peu ces vides au moyen d'un alliage en métal facilement fusible, mais possédant le même coefficient de résistance à la pression que le métal des rails et des éclisses. Ils espèrent obtenir de la sorte une excellente connexion, dont le prix de revient serait peu élevé.

Quelques mots encore concernant deux nouveaux assemblages avec joint à pont, également du système Melaun. Bien que ces assemblages n'aient été jusqu'ici mis à l'essai que sur des lignes de grands chemins de fer, nous avons tenu à les mentionner, car ils pourront peut-être dans la suite être appliqués avec succès aux lignes de chemins de fer d'intérêt local.

La figure 54 donne un profil en travers, un profil en long et une vue en plan de l'un de ces assemblages; la table de roulement est, aux deux extrémités des rails, découpée sur une certaine longueur; dans la brèche ainsi formée viennent se placer deux éclisses qui reçoivent directement la charge de la roue. Ces éclisses ne s'appuient l'une contre l'autre dans le plan de l'axe longitudinal du rail que par leur champignon faisant légèrement saillie; un intervalle reste libre en dessous de ces champignons. Il est également réservé un espacement entre les extrémités des éclisses dans leurs parties placées sous le champignon du rail et la partie inférieure de ce champignon. Les extrémités des éclisses sont fixées à chaque about de rail par un boulon.

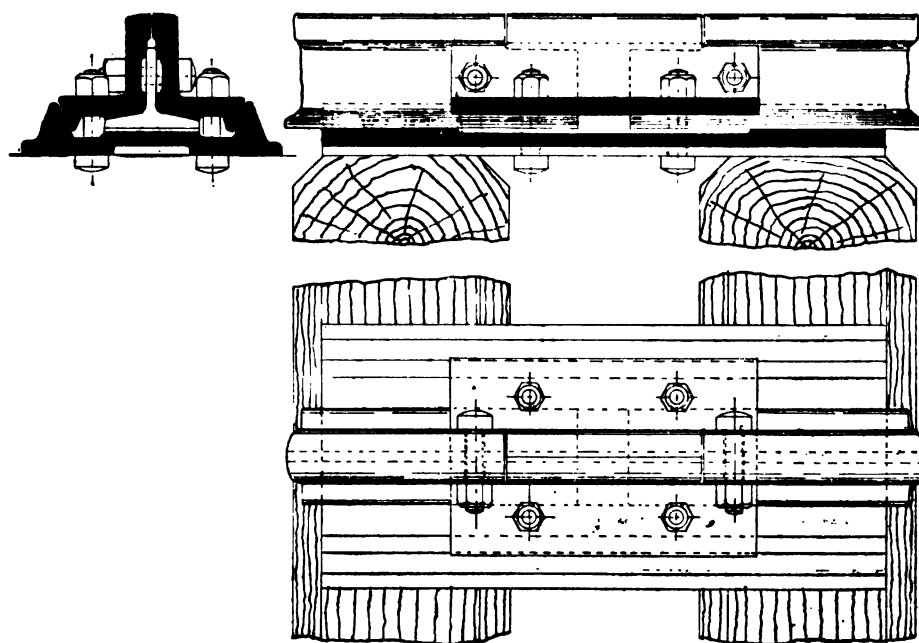


Fig. 54.

Cet assemblage est agencé comme joint à pont de la manière suivante. Il comporte une semelle inférieure présentant deux épaulements inclinés. Les extrémités des rails reposent sur cette semelle, tandis que les éclisses à champignon ne reposent que sur le dessus du patin des deux extrémités de rails. Dans leur partie médiane, ces éclisses à champignon viennent se placer entre les deux épaulements inclinés de la semelle avec laquelle elle sont reliées par boulons.

Cet assemblage agit de la façon suivante : les roues, en passant sur l'assemblage, pressent les éclisses à champignon contre les épaulements de la semelle et contre les faces supérieures du patin des deux extrémités de rails; cette sorte de coinçage des éclisses à champignon amène de la sorte une réunion très intime de tous les organes de l'assemblage, sans intervention aucune des boulons; l'action principale de ces boulons se réduit donc à maintenir les rails dans leur alignement. Un des grands avantages de ce système d'assemblage réside en conséquence dans l'obtention d'un serrage parfait de tous les organes, lequel ne peut jamais être détruit par l'usure des surfaces en contact. Les différentes surfaces sur lesquelles une usure pourrait se produire sont : 1° les deux faces verticales sur lesquelles viennent s'appuyer les deux champignons d'éclisse ; 2° les épaulements obliques entre les éclisses et la

semelle; 3° les surfaces inclinées entre les éclisses et les patins des rails; 4° les surfaces horizontales entre les patins des rails et la semelle.

Les surfaces indiquées en 1) étant verticales, ne sont sujettes à aucune usure; il s'y produirait même une usure, que le serrage intime de l'assemblage n'en souffrirait pas. Les surfaces 2) et 3) ne peuvent présenter à la longue qu'une légère usure; celle-ci ne pourrait d'ailleurs relâcher l'assemblage, car les deux éclisses à champignon sont, du fait de la pression de la roue, coincées d'une manière continue entre les épaulements de la semelle et pressées contre les faces supérieures du patin des rails; il se produit donc ainsi un réglage continu et automatique dans le sens vertical. Une expérience de plusieurs années a d'ailleurs démontré qu'une usure de ces surfaces ne se produisait pas. De même, l'usure minime pouvant se produire sur les surfaces dénommées en 4), ne peut avoir comme résultat un relâchement de l'assemblage, car les bouts des rails et les éclisses à champignon ne peuvent s'affaisser que légèrement et ce toujours simultanément et d'une manière uniforme.

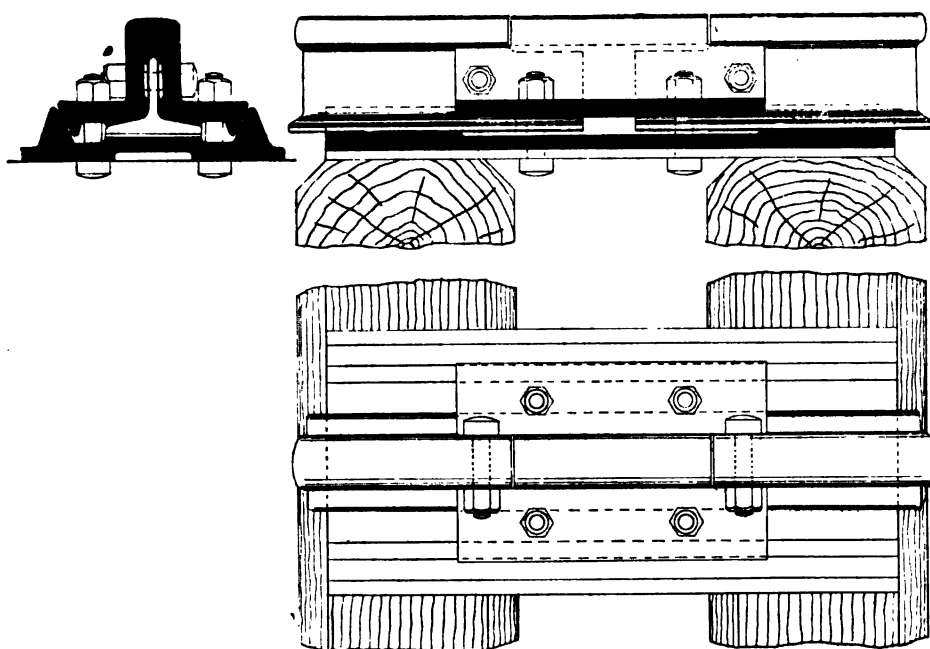


Fig. 55.

Le resserrage continu des boulons qui, dans les autres systèmes d'assemblage est chose indispensable par suite de l'usure des surfaces de contact, devient ici tout à fait inutile.

L'assemblage que nous venons de décrire est destiné aux rails comportant une forte largeur de champignon; il trouve donc surtout son application sur les lignes de grands chemins de fer. Pour les rails à champignon plus étroit, qui sont spécialement utilisés par les chemins de fer d'intérêt local à petit écartement et les petits chemins de fer industriels, ce mode de construction ne pourrait plus être employé, car les deux champignons d'éclisse ne présenteraient plus chacun qu'une petite largeur et n'offriraient plus en conséquence une résistance suffisante.

Pour de tels profils de rails, on emploiera de préférence l'assemblage représenté en coupe et en plan par la fig. 55. La différence avec la première disposition consiste en ce que les deux éclisses coincées sur la semelle s'appuient l'une contre l'autre, non plus dans l'axe de la table de roulement, mais bien latéralement à celle-ci. Ces éclisses sont maintenues en place grâce aux surfaces de guidage verticales de l'âme du rail. Cet assemblage évite donc, comme on le voit, la rainure longitudinale, qui serait préjudiciable dans les rails à champignon étroit.

Cet assemblage agit de la façon suivante : la roue, en passant sur l'assemblage, serre fortement les uns contre les autres tous les organes du joint ; comme il est facile de s'en convaincre, ce serrage ne peut plus se relâcher, par suite d'une usure éventuelle des surfaces de contact des deux éclisses, ni non plus par suite d'une usure des autres surfaces de contact.

Les deux assemblages précédents sont employés depuis plus de deux ans sur les lignes du Métropolitain de Berlin, l'autre depuis quatre ans sur la ligne d'Oderberg à Vienne, appartenant à la Compagnie du Kaiser Ferdinand-Nordbahn.

Nous ajouterons enfin, que l'Administration des Chemins de fer de la Prusse a mis récemment à l'essai une troisième variante de ce système d'assemblage ; cette nouvelle construction, toujours basée sur le même principe, est destinée à résister à un trafic des plus intense.

A notre connaissance, les Administrations de Chemins de fer précitées n'ont pas encore porté de jugement définitif sur les systèmes d'assemblage que nous venons de décrire ; mais il n'est pas douteux que, vu les bons résultats obtenus jusqu'ici, ils donneront entière satisfaction, tout comme le joint Melaun dans les rails à ornière.

Dans la catégorie des assemblages pouvant se placer et s'enlever rapidement, il faut encore comprendre les systèmes de sabots porte-rails installés dans plusieurs exploitations dans ces dernières années.

*Sabot porte-rails Scheinig et Hofmann.* — Le sabot porte-rails du système Scheinig et Hofmann est employé depuis plus de 6 années sur de nombreuses lignes de grands chemins de fer, de chemins de fer d'intérêt local, de tramways et de petits chemins de fer industriels ; il trouve son application tout aussi bien dans les voies déjà usagées que dans les nouvelles installations.

Bien que sur quelques réseaux de tramways, les essais soient encore trop récents pour que les compagnies intéressées puissent se prononcer sur la valeur de ce joint, il résulte cependant des renseignements parvenus en réponse au questionnaire, que ce système d'assemblage s'est généralement bien comporté et nombreux sont déjà les exploitants qui en préconisent l'emploi.

Les Tramways de Linz-Urfahr, qui ont les premiers — d'abord en novembre 1900, puis en 1901 — fait en grand l'essai de ce sabot porte-rails, sont si satisfaits de ce système d'assemblage, qu'ils en ont aujourd'hui étendu l'application à la totalité de leurs lignes. Ils font notamment remarquer que, dans leur ancien système d'assemblage par éclisses, des affouillements se produisaient souvent sous les joints ; depuis qu'ils font usage du sabot porte-rails, le joint est aussi rigide que le rail.

Les Tramways Liégeois également, bien que les essais y soient encore relativement récents, estiment que le sabot porte-rails Scheinig et Hofmann leur donnera de bons résultats ; ils lui reconnaissent les qualités suivantes : facilité et rapidité de la pose de la voie, résistance très grande du joint ; facilité de démontage de la voie ; possibilité de réutiliser les rails démontés et aussi de réutiliser les sabots dans une voie neuve ; ils ne lui reprochent qu'une chose : son prix élevé.

Les Tramways municipaux de Vienne ont appliqué jusqu'ici l'assemblage Scheinig et Hofmann à 1708 joints. Cette exploitation fait remarquer que, bien que le sabot porte-rails n'ait pas répondu complètement à leur attente, il constitue cependant un progrès très important sur les errements anciens ; elle ajoute qu'au point de vue électrique, cet assemblage présente une grande importance, par suite de sa parfaite conductibilité.

Le sabot porte-rails est encore employé aujourd'hui à Vienne, comme renforcement de joints, dans les fortes courbes et dans les croisements de lignes.

Les Chemins de fer vicinaux de Vienne ont également installé le joint Scheinig et Hofmann, mais leurs essais sont encore trop récents pour que cette compagnie puisse se prononcer sur sa valeur.

Les Tramways de Plauen n'emploient plus, depuis 1904, que le sabot porte-rails Scheinig et Hofmann, avec éclisses cornières de 760 mm.; plus de 1000 joints ont été installés de la sorte. C'est à ce système d'assemblage qu'ils donnent la préférence. Des joints, placés depuis 1 1/2 an, ont été mis à nu et trouvés dans l'état qu'ils présentaient lors de leur installation.

Les Tramways de Halle-Mersebourg font remarquer que le joint Scheinig peut résister aux plus grandes fatigues, à condition qu'il soit bien exécuté.

Les Tramways de Regensburg, ayant reconnu que dans leurs lignes en rails Vignole, les assemblages qui étaient constitués par éclisses, étaient trop faibles, ont remédié à cet inconvénient en procédant, il y a environ un an, à l'application du sabot Scheinig et Hofmann; ce renforcement du joint a donné jusqu'ici de très bons résultats.

Les Tramways de Solingen ont fait une large application du joint Scheinig dans leurs anciennes voies; les résultats obtenus ont été très satisfaisants.

Les Tramways Bruxellois et les Tramways de Dessau, qui ont fait l'application de quelques joints Scheinig, ont confiance dans ce système d'assemblage. Il en est de même des Tramways de Lucerne, de Mulhouse en Th. et de Nordhausen.

Les Tramways municipaux de Zurich qui, depuis 1905, emploient dans leurs nouvelles installations le sabot Scheinig et Hofmann, combiné au joint d'about éclissé, ont obtenu par ce système d'assemblage de très bons résultats. Cette exploitation ajoute qu'en 1904, elle a appliqué le joint Scheinig à une ancienne voie reposant sur un mauvais sous-sol; cette voie présentait auparavant des joints fortement martelés et des interstices importants; depuis l'installation du sabot porte-rails, les chocs ont complètement disparu, mais non cependant le mouvement de lacet des voitures roulant à grande vitesse.

Les Tramways d'Aix-la-Chapelle donnent à l'assemblage Scheinig la préférence pour la réfection d'anciennes voies.

Les Tramways de Brunswick estiment que, parmi tous les systèmes de joints qu'ils ont mis à l'essai, le sabot porte-rail prend la seconde place, immédiatement après le joint soudé par le procédé Goldschmidt.

Les Tramways de Hagen préconisent, à côté des joints soudés par la méthode électrique, le joint Scheinig et Hofmann.

Les Tramways de Berlin-Hohenschönhausen ont, à l'occasion de travaux de repavage, renforcé sur une longueur de 1,1 km., leurs joints éclissés par le sabot porte-rail. Cette compagnie relate dans sa réponse que ces essais sont encore trop récents pour qu'elle puisse se prononcer sur la valeur de ce renforcement, mais que cependant les résultats étaient jusqu'alors satisfaisants.

Les Tramways de Berlin également ont, en 1905, fait l'application de quelques sabots porte-rails; ceux-ci n'ont donné lieu jusqu'à présent à aucune critique.

Les résultats favorables obtenus jusqu'aujourd'hui par cet assemblage, semblent lui réserver d'autres applications encore; aussi croyons-nous utile de dire quelques mots de sa construction et de son montage.

Dans l'emploi du sabot porte-rail, les rails doivent être posés l'un contre l'autre sans aucun jeu. Dans les installations nouvelles, cette condition est facile à remplir; dans les voies déjà existantes, les interstices de 5 mm. et plus devront être comblés au moyen d'un morceau de rail découpé à longueur voulue.

La première application du sabot porte-rail eut lieu, comme nous l'avons dit plus haut, en novembre 1900, sur une ligne à simple voie des Tramways de Linz-Urfahr; ce premier sabot ne comportait qu'une longueur de 80 mm. Malgré cette longueur évidemment trop petite, les résultats obtenus furent tellement concluants, que la compagnie décida, au printemps 1901, d'équiper la totalité de son réseau de ce système d'assemblage. Les nouveaux sabots étaient cependant plus longs que les premiers: les uns présentaient une longueur de 160 mm. et étaient installés avec les

éclisses existantes (fig. 56); les autres présentaient une longueur de 200 mm. et étaient installés sans aucune éclisse (fig. 57). Dans ces deux catégories de joints, la connexion électrique était tantôt conservée, tantôt enlevée; la semelle dans ces deux types d'assemblages formait d'un côté mâchoire, et présentait de l'autre un épaulement pour le coin (fig. 58).

La semelle du sabot et la seconde mâchoire étaient en acier coulé; le coin, en acier Martin. A l'effet d'obtenir un bon contact électrique des feuilles de zinc furent intercalées entre les surfaces de contact du sabot et du patin du rail.

Bien que cette disposition du sabot en trois parties ne présentât aucun inconvénient sérieux, on donna cependant dans la suite la préférence à un sabot à quatre



Fig. 56.

parties; la mise en place d'une semelle pourvue d'une mâchoire réclamait en effet une certaine habileté.

Le nouveau sabot (fig. 59 et 60) comporte une semelle A, deux mâchoires B et C et un coin C; de plus, dans les installations électriques, des feuilles de zinc destinées à donner à l'assemblage une bonne conductibilité électrique.

La semelle A du sabot, en acier coulé, présente une résistance à la traction d'environ 55 kg. par millimètre carré pour un allongement de 10 %; elle offre une bonne assise aux deux abouts, car sa largeur est double de celle du rail; elle pré-



Fig. 57.

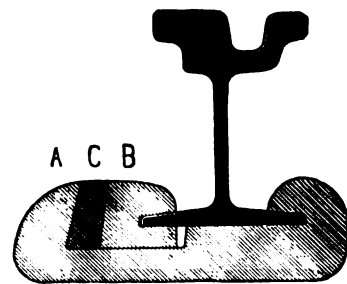


Fig. 58.

sente d'un côté un épaulement pour l'une des mâchoires, de l'autre un second épaulement pour la pièce de coinçage. La pièce de coinçage D, comme aussi les deux mâchoires B et C, sont laminées en acier Martin. Les deux mâchoires comportent une encoche destinée à recevoir le patin du rail.

La longueur du sabot de même que son épaisseur varient naturellement avec le profil du rail et l'importance des efforts auxquels celui-ci doit résister. Le poids du sabot porte-rails complet varie entre 10 et 24 kg. et son prix entre 10 et 20 francs; quant aux frais de montage, ils oscillent entre fr. 0.50 et fr. 1.25 par joint.

Dans les voies de tramways électriques, le montage du sabot porte-rail est des plus simples; une équipe de six hommes suffit pour ce travail. Les surfaces du patin

du rail qui seront dans la suite emprisonnées dans les mâchoires, doivent être préalablement décapées à la pierre émeri. Dans le cas d'une superstructure ancienne, les abouts des rails devront parfois être d'abord redressés à la machine. Ensuite, aux endroits où viennent s'appliquer les mâchoires, on entoure le patin du rail d'une feuille de zinc de 0,3 mm. d'épaisseur : les mâchoires sont alors placées à chaud, puis fortement pressées contre le rail au moyen d'un appareil de serrage spécial ; il faut dans cette opération faire en sorte que le point de jonction se trouve bien au milieu des mâchoires.

Les mâchoires une fois placées, un ouvrier met en place, au moyen d'une pelle, la semelle qui aura également été chauffée (fig. 61); celle-ci est, par un second ouvrier muni d'un levier approprié, maintenue serrée contre la mâchoire intérieure;



Fig. 59.

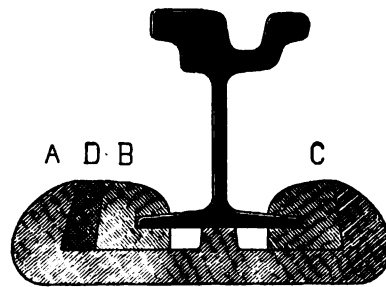


Fig. 60.

un troisième ouvrier soulève, par un crochet H, la semelle afin de bien la mettre en contact, sur toute sa longueur, avec les faces inférieures des deux mâchoires. Le levier de serrage doit rester en place jusqu'à ce que le coin soit monté. Ce dernier est chassé au moyen d'un gros marteau de forge; pendant l'introduction du coin, un autre ouvrier appuie en P (fig. 62) par l'intermédiaire d'un second marteau. Après deux ou trois coups sur le coin, l'ouvrier travaillant le marteau P donne quelques coups sur la semelle, et ce dans le sens opposé à celui des coups donnés sur le coin;

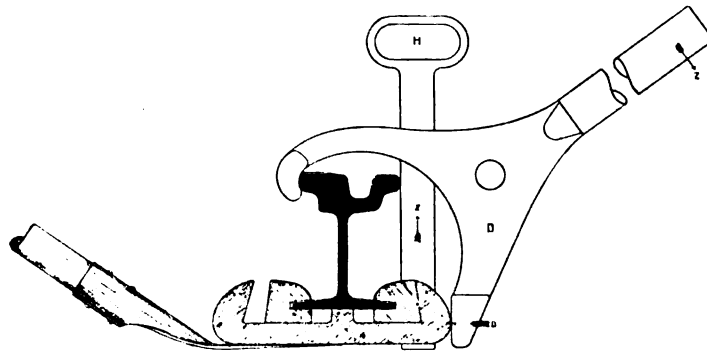


Fig. 61.

cette manière de faire évite que la semelle ne prenne une fausse position lors de l'enfoncement du coin. Dans la mise en place du coin, on doit s'attacher à ce que celui-ci s'enfonce bien parallèlement au rail; il faudra éviter notamment toute inclinaison vers le haut ou vers le bas, comme le montre la figure 63 a.

La feuille de zinc de 0.3 mm. d'épaisseur placée entre le patin du rail et les mâchoires, fond au contact de ces mâchoires portées au rouge et rend les surfaces de contact absolument planes; on obtient ainsi non seulement une bonne jonction mécanique de tous les organes, mais également une connexion électrique parfaite. D'après les renseignements qui nous ont été fournis par la maison Scheinig et

Hofmann, les Tramways de Linz-Urfahr firent procéder à des essais de conductibilité sur leurs différents modes d'assemblage. Ces essais donnèrent les résultats suivants :

1<sup>o</sup> Ancien joint éclissé par éclisses cornières avec connexion en cuivre de 1000 mm. de longueur et de 110 mm. carrés de section. Résistance du joint : 0,0000930 ohm.

2<sup>o</sup> Sabot porte-rail de 160 mm. de longueur sans garniture de zinc, joint éclissé par éclisses cornières, connexion électrique comme ci-dessus. Résistance du joint : 0,0000233 ohm.

3<sup>o</sup> Sabot porte-rail de 160 mm. de longueur avec garniture en zinc, joint éclissé par éclisses cornières, sans connexion électrique. Résistance du joint : 0,000005 ohm.

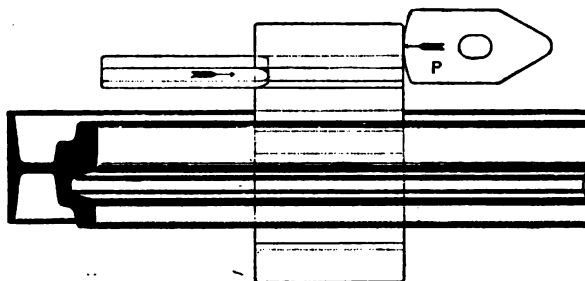


Fig. 62.

Les essais eurent lieu d'après la méthode indirecte par détermination de la perte de tension d'un courant envoyé dans le rail par une batterie transportable d'accumulateurs. La chute de tension était mesurée au moyen d'un millivoltmètre de précision.

Afin de mesurer séparément la résistance du joint et celle du rail, on procéda à deux série d'essais (fig. 64). On mesura d'abord la chute de tension en mettant les bornes du voltmètre en contact avec le rail à une distance de 0,5 m. de part et

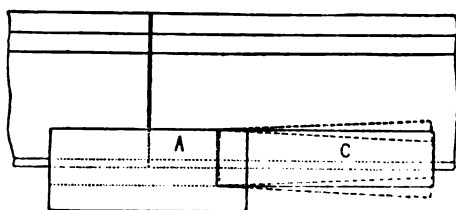


Fig. 63 a.

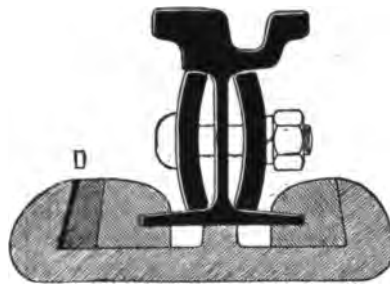


Fig. 63 b.

d'autre du joint; puis on mesura la chute de tension en reportant les bornes de contact à 1 m. de part et d'autre du joint.

Afin d'obtenir des résultats aussi précis que possible, on eut soin d'étendre la vérification à six joints analogues et de renouveler chaque fois la vérification; on détermina ensuite la moyenne des résultats. Il est à remarquer que les rails installés à Linz sont de 42,5 kg. par mètre courant.

En supposant des rails de 12 m. de longueur, la résistance du rail serait dans le cas de l'assemblage 1) augmenté de 23,2 %; dans le cas de l'assemblage 2), de 5,75 %, tandis que dans l'assemblage 3), elle ne serait augmentée que de 1,32 %. Il résulte donc clairement de ces essais que l'assemblage 3) : sabot porte-rail avec garniture en zinc, est celui qui présente la moindre résistance électrique.



D'après les nouvelles vérifications auxquelles ont procédé les Tramways de Linz-Urfahr dans ces derniers temps, la résistance électrique des joints continuerait à être très petite, même dans le cas de voies depuis longtemps en usage. La vérification entreprise notamment dans ces derniers temps, sur la ligne du Pöstlingberg appartenant à ce réseau, a donné des résultats tout à fait concluants ; ceux-ci, qui ont porté sur des sabots de 160 mm. en quatre pièces, avec joints éclissés par éclisses cornières, sont reproduits dans les « Réponses aux questionnaires » (page 131).

Nous ajouterons, pour terminer notre description du sabot porte-rails Scheinig et Hofmann, que les semelles et les mâchoires, lorsqu'elles ont été portées au rouge doivent, avant d'être mises en place, être soigneusement nettoyées au moyen de brosses d'acier. Pour chauffer au rouge les mâchoires, on emploie une simple forge portative, alimentée au charbon de bois ; pour la semelle, on donnera la préférence au chauffage au coke.

Les sabots porte-rails sont montés de façon à ce que le côté où se trouve le coin soit en dehors de la voie.

Après le montage du sabot, les inégalités de la table de roulement sont rabotées. Ce dernier travail devra être fait avec le plus grand soin, car il donnera un roulement exempt de secousses et assurera ainsi une plus longue durée à l'assemblage.

Les excellents résultats obtenus jusqu'à ce jour par le sabot porte-rails Scheinig et Hofmann, lui garantissent pour l'avenir, à condition naturellement d'être bien exécuté, une place prépondérante parmi les nouveaux assemblages de rails.

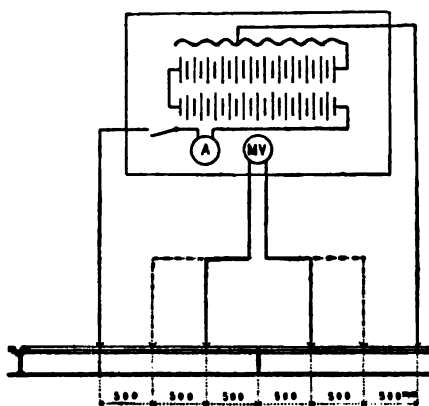


Fig. 64.

*Joint fretté avec coinçage à haute pression, système Ambert.* — Les Tramways électriques de Genève, de Marseille et de Lausanne procèdent depuis quelque temps à des essais au moyen d'un joint fretté avec coinçage à haute pression, dû à l'ingénieur Ambert, de Fontaines-s/Saône. Ce système d'assemblage est représenté par la figure 65.

Les essais du joint Ambert sont encore trop récents pour que l'on puisse prendre un jugement définitif sur sa valeur ; il est cependant probable qu'il donnera de bons résultats.

D'après les renseignements qui nous ont été fournis par l'inventeur, les premiers essais de ce joint remontent à 1902 ; ils furent effectués sur le réseau de la Compagnie des Tramways à vapeur de Lyon à Neuville. Ces essais ayant pleinement réussi, les joints Ambert ont remplacé graduellement sur ce réseau les anciens joints à éclisses.

En 1903, d'autres essais furent faits sur la ligne des Tramways électriques de Lyon à Caluire et sur l'important réseau des Voies ferrées du Dauphiné.

Ces essais, ainsi que de nombreux autres effectués par des compagnies de tramways et de chemins de fer, ont donné jusqu'ici des résultats très favorables. Il a été notamment établi que le rail est notablement plus roide au joint qu'en tout autre point. De plus, des expériences exécutées sur la voie même ont fait reconnaître que le serrage exercé par les frettes sur le patin du rail, est suffisant pour assurer aux joints des rails une bonne conductibilité électrique sans intervention de connexions en cuivre. Une expérience de plusieurs années a enfin démontré que la dilatation des rails due à l'action de la chaleur et du froid, s'exerçant sur le métal du rail, n'était pas empêchée.

Les frettes sont fabriquées en acier moulé; elles peuvent être employées brutes de fonderie; il est cependant préférable, afin d'en faire disparaître les aspérités, de les raboter ou de les fraiser. Les clavettes sont en acier laminé et raboté au cône de 1/100.

Le joint Ambert s'applique tout aussi bien au rail Vignole qu'au rail à ornière ou au rail Broca.

Les instructions suivantes sont données pour la pose des frettes dans les voies à rails noyés dans la chaussée. La coupe aux abouts des rails sera bien d'équerre, nette, sans bavures et n'aura pas de chanfrein au champignon; sur une longueur de 25 cm. à chaque bout de barre, le patin, dessus et dessous, sera propre, sans oxyde;

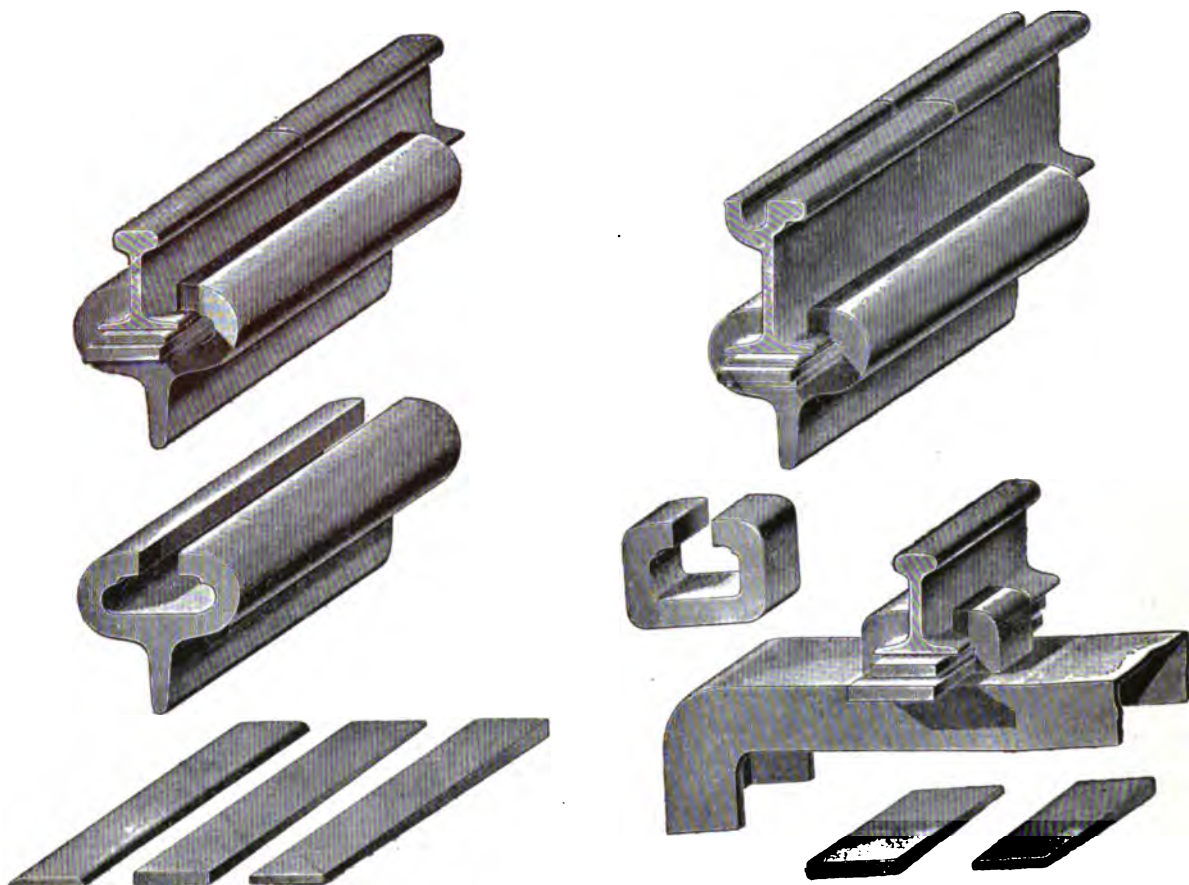


Fig. 65.

on avivera au besoin sa surface avec une grosse lime. Les frettes seront bien nettoyées à l'intérieur et ne présenteront ni crasses métalliques, ni oxyde, ni terre. Les clavettes seront nettoyées avec du déchet gras; après leur nettoyage, on évitera de les poser sur la terre, afin d'éviter qu'elles ne se souillent ou ne deviennent humides, car il est indispensable qu'elles ne présentent aucune trace d'oxydation.

Les rails seront alors dressés de manière à ce que le joint occupe exactement, en joint et en élévation, sa position définitive dans la voie. On soulève ensuite le bout d'un des rails, de manière à laisser entre le dessous de son patin et le dessus du patin de l'autre rail, un passage suffisant pour la mâchoire de la frette; on enfile cette dernière sur le rail resté en place et on la pousse de toute sa longueur au delà de l'about; le rail est alors abaissé et la frette ramenée en arrière jusqu'à ce que le milieu de sa longueur arrive au joint.

Une fois la frette en position, on procède à la mise en place des clavettes. On glisse dans la frette la clavette supérieure jusqu'à ce que le milieu de sa longueur soit à l'aplomb du joint; on enfile ensuite, en sens inverse, pointe en avant, la clavette

inférieure, laquelle est assujettie en la frappant sur la tête au moyen d'un marteau à main; ce serrage par le marteau à main est continué jusqu'à ce que la clavette inférieure n'avance plus. Pendant ce serrage au marteau, on surveillera la clavette supérieure qui ne doit pas se déplacer. Après le serrage au marteau, les axes longitudinaux de la frette, des deux clavettes et du patin doivent être sur le même aplomb; celui-ci doit être conservé jusqu'au parachèvement du coinçage.

Le serrage au marteau étant terminé, on achève le calage de la clavette inférieure au moyen d'une presse. Avant de faire fonctionner cette dernière, on chauffe fortement le joint et on le maintient en cet état pendant toute la durée du fonctionnement de la presse. Pendant ce dernier calage, on surveille et on rectifie au besoin l'affleurement des champignons des deux bouts des rails du côté intérieur de la voie. On peut remédier au désaffleurement éventuel entre la pointe de la clavette supérieure et la tête de la clavette inférieure, soit par un déplacement des clavettes, soit en utilisant d'autres dimensions plus appropriées.

Dans les voies à rails non noyées dans une chaussée, le montage des frettes se fait comme pour les voies noyées dans la chaussée; il n'est cependant plus nécessaire de chauffer les joints.

Après achèvement du frettage, on aura soin de procéder à un fort bourrage du joint et de ses abords. Surtout dans les voies en exploitation, il est également utile de relever le joint de 5 à 10 mm. plus haut que le milieu de la barre du rail, pour compenser le tassement du ballast ameubli par l'opération du frettage.

A notre avis, il nous semble également recommandable de procéder à un égalissage soigneux de la table de roulement, après le parachèvement du frettage; cette opération, en effet, ne peut que prolonger la durée de service de la voie.

*Sabot porte-rails de la Sächsische Gussstahlfabrik à Döhlen.* — Cet assemblage représenté par la figure 66, a été mis à l'essai par les Tramways de Dresde et les Tramways de Berlin. Il se compose d'un fort manchon dans lequel viennent s'emboîter deux éclisses formant coin.

Le manchon comme les deux éclisses est en fonte d'acier moulé. Chaque coin fait fonction d'éclisse. Il est introduit dans le manchon par sa pointe et, grâce à sa forme en plan incliné, produit une forte pression sur le rail. Les épaulements du manchon ont également une surface inclinée correspondant à celle des éclisses, laquelle surface soulève le manchon et l'appuie fortement contre la partie inférieure des abouts des rails. La force de coinçage des coins est telle que le joint ne peut être désassemblé que par un effort très grand exercé sur la pointe des éclisses. La dilatation des rails ne peut pas amener un relâchement de l'assemblage, car les coins étant introduits dans le manchon en sens contraire l'un de l'autre, tout mouvement en arrière subi par l'un des coins, amène inévitablement un déplacement en avant de l'autre.

Le montage du joint a lieu comme suit. Les deux abouts sont d'abord placés dans le manchon, de façon à ce que le joint soit parfaitement au milieu du manchon. Les deux coins éclisses sont alors introduits en opposition l'un par rapport à l'autre et frappés simultanément par deux ouvriers jusqu'à refus et jusqu'à ce que le manchon vienne s'appuyer contre le patin du rail. Si le montage est bien exécuté, tout fléchissement des rails dans le manchon est impossible.

A notre avis, cet assemblage doit donner une résistance suffisante, même sur des lignes à fort trafic, surtout si l'on a soin de chauffer le manchon avant et pendant l'introduction des coins, et de bien décaper et polir toutes les surfaces de contact des rails et de l'assemblage. Il nous semble également recommandable de procéder à un égalissage mécanique des tables de roulement après le parachèvement de l'assemblage, afin d'obtenir une surface bien plane.

Les Tramways de Berlin ont, il y a trois ans, installé sur leur ligne de la Potsdamerstrasse, 20 joints du système Döhlen; ces joints étaient bruts de fonderie.



fonte s'est refroidie et solidifiée, on enlève les crochets, mais on laisse en place les manchons qui augmentent ainsi la rigidité du joint. Avant d'emprisonner le rail, les parties du rail qui seront en contact avec le bloc de fonte, doivent être bien décapées au moyen d'une forte soufflerie au sable.

Il résulte des renseignements fournis par les réponses au questionnaire que le procédé Falk est aujourd'hui employé par treize compagnies; plusieurs de celles-ci n'ont cependant procédé qu'à des essais.

Les Tramways d'Anvers, de Bologne, de Bordeaux et de Bruxelles se déclarent très satisfaits du joint Falk.

Les Tramways d'Anvers l'emploient exclusivement sur toutes leurs parties de ligne en alignement; toutefois, en courbe, afin d'éviter la formation des jarrets inévitables que donne le joint Falk, les assemblages par éclisses ordinaires en acier sont conservés.

Les Tramways de Bologne n'ont constaté jusqu'ici que 5 ou 6 joints cassés sur un total de 5000 joints environ; d'après cette compagnie, le procédé Falk réduirait dans de fortes proportions l'entretien de la voie et du pavage.

Les Tramways de Bordeaux constatent que le joint Falk ne leur a donné aucun mécompte; ils le substituent aux joints éclissés et font remarquer qu'il assure une conductibilité électrique supérieure à celle obtenue par les connexions communément employées; son principal mérite, ajoutent-ils, consiste en ce qu'il supprime la discontinuité du rail et contribue ainsi puissamment à la conservation mécanique des voies.

Les Tramways Bruxellois emploient le joint Falk sur toutes leurs lignes. Cette compagnie ajoute qu'à son avis, le joint Falk serait le plus économique des joints continus; qu'il assure un bon roulement, évite le martellement des bouts des rails et réalise une connexion électrique parfaite. Il donne de moins bons résultats sur les voies anciennes, par suite de la difficulté d'amener à un niveau bien égal les rails dont l'about est martelé.

Les Tramways de Paris et du Département de la Seine emploient le joint Falk et le joint Goldschmidt; ils estiment que les joints soudés ou coulés s'imposent dans leurs pavages en bois, malgré leur prix élevé.

Les Tramways municipaux de Vienne ont obtenu de bons résultats, même sur des voies ayant déjà servi; ils reprochent cependant au joint Falk les difficultés d'un bon entretien du pavage à l'endroit des joints.

Les Tramways liégeois reconnaissent qu'exécuté dans de bonnes conditions sur une voie très résistante, le joint Falk procure une continuité presque parfaite de chaque file de rail; que, de plus, l'entretien des joints est réduit au minimum; ils lui reprochent cependant de retarder le délai de l'exécution de la voie et de rendre difficile le remplacement des rails.

Trois compagnies qui utilisent le joint Falk ne se sont pas prononcées sur sa valeur.

Les Tramways municipaux de Zurich ont établi en 1900 environ 800 mètres de double voie en joints Falk. L'installation de ces joints ne leur a pas donné complète satisfaction en ce sens que les joints présentant en certains endroits des niveaux différents, occasionnaient un fort balancement des voitures; à la longue, il se produisait également un martellement des joints.

Les Tramways de Copenhague ont, à titre d'essai, procédé au coulage de quelques joints; ils ont renoncé à une application générale du procédé Falk, car

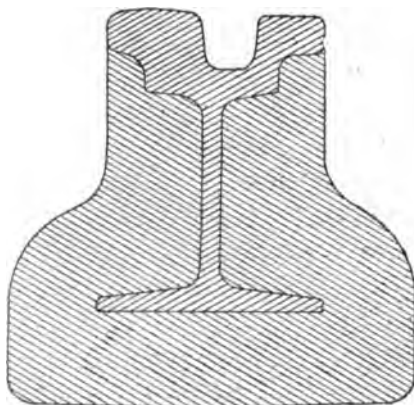


Fig. 67.



celui-ci a, dans de nombreux cas, donné une voie inégale, par suite d'un surhaussement des joints.

Les Tramways de Berlin ont coulé plus de 10.000 joints Falk; l'application en fut d'abord faite sur des joints martelés d'anciennes voies. Bien que le procédé Falk continuât à laisser subsister le martelage aux joints, ces voies purent être maintenues en service encore quelque temps; quoi qu'il en soit, le résultat obtenu ne fut guère satisfaisant tant au point de vue technique qu'au point de vue économique; on aurait pu, en effet, prolonger le maintien en service de ces rails pendant la même durée en les éclissant simplement à nouveau; la dépense qui serait résultée de ce nouvel éclissage, aurait été beaucoup moins onéreuse. Employé dans de nouvelles installations, le joint Falk n'y a nullement évité le martelage du rail aux abouts et n'a pas empêché le déchaussement du rail; son plus grave inconvénient a été cependant d'augmenter dans de fortes proportions les dépenses d'entretien de la voie.

Bien que le coulage des joints ait été exécuté avec toutes les précautions voulues, il se produisait souvent un joint en dos d'âne qui occasionnait aux voitures un mouvement de roulis très prononcé; une ligne dut même, par suite de cet inconvénient, être renouvelée après deux années de service seulement; les autres lignes furent maintenues pendant quelques années à cause des dépenses énormes qu'aurait occasionnées leur réfection.

A notre avis, il est hors de doute que la destruction du joint est particulièrement favorisée par le fait que le rail est emprisonné dans un bloc de fonte de 70 à 80 kg. et qu'il repose directement sur une assise en fonte. Notre appréciation est d'ailleurs suffisamment confirmée non seulement par le bris des blocs de fonte, mais aussi par le jeu que présentent les rails dans ces blocs et par les nombreux chocs qui s'observent au passage des joints coulés.

Sur le réseau des Tramways de Berlin, surtout dans les voies en asphalte, le joint Falk n'a pu résister au service intense qui s'y rencontrait et ne s'est pas mieux comporté qu'un simple joint éclissé exécuté dans de bonnes conditions.

*Soudure des rails par courant alternatif.* — Poussés par le désir d'obtenir dans les exploitations de tramways un rail continu, surtout pour les voies noyées en pavage, les Américains essayèrent les premiers, en 1893, d'obtenir par soudage électrique un assemblage résistant. Dans les premières applications, les rails n'étaient pas soudés bout à bout, mais simplement réunis par une paire d'éclisses spéciales, soudées à chacun d'eux séparément par leurs pattes. L'énergie nécessaire au confectionnement de cet assemblage était fournie par le fil de trolley; le courant continu était transformé en courant alternatif à basse tension.

Les premiers essais, comme aussi ceux exécutés plus tard dans les années 1897 et 1898, ne donnèrent pas de résultats favorables par suite des systèmes d'éclisses mises en œuvre; de plus, le refroidissement ne s'opérait pas sous pression; ces premiers essais avaient porté sur d'anciens rails déjà fortement martelés.

Dans les années suivantes, ce procédé fut à nouveau employé, notamment à Brooklyn, Buffalo, Rochester, Columbia, Worchester, etc.; mais on eut soin, cette fois, de mettre en œuvre des éclisses plus longues, de les appliquer sous pression contre l'âme du rail, de procéder au soudage en augmentant progressivement la pression, puis de laisser le métal se refroidir sous pression. Les assemblages ainsi obtenus donnèrent de meilleurs résultats.

De même que le joint avec garniture au zinc, que nous avons mentionné plus haut, le joint à soudure électrique réclame sur le chantier la présence de quatre voitures spéciales portant les machines nécessaires: une soufflerie à sable pour le décapage des surfaces à souder, l'appareil de soudage et sa presse, un transformateur et un appareil à égaliser la table de roulement après le parachèvement du joint.

Jusqu'en 1905 plus de 300 km. de voies ont été assemblés de cette façon. D'après les renseignements qui nous ont été fournis par les ingénieurs des compagnies précitées, ce mode d'assemblage aurait donné complète satisfaction.

Nous avons eu l'occasion d'examiner *de visu* les joints installés sur les réseaux de Brooklyn et de Buffalo, et nous devons reconnaître que ces assemblages ne donnaient lieu à aucune critique et que le roulement des voitures se faisait sans aucune secousse.

On a également essayé par le même procédé de réfectionner de vieux joints martelés dans une voie toujours parcourue dans le même sens; cette réfection s'est faite en soudant le rail martelé à son about à un niveau un peu plus élevé que le rail voisin. Nous ne pourrions dire si ce mode de réfection a donné de bons résultats.

*Soudure des rails par le procédé aluminothermique, brevet Goldschmidt.* — C'est en 1899 qu'apparut pour la première fois la méthode de soudure des rails par les procédés aluminothermiques du Dr Goldschmidt. Cette nouvelle méthode prit de suite une telle extension que déjà à la fin de 1905, environ 80.000 joints avaient été soudés de cette façon; de ces 80.000 joints, environ 25.000 se trouvent sur le continent, 35.000 en Angleterre et les colonies et 15.000 aux Etats-Unis d'Amérique où il ne fut cependant lancé que dans le courant de l'année 1904. Pendant la présente année, la maison Goldschmidt a reçu commande d'environ 25.000 joints qui, pour la plupart, sont déjà installés.

Plusieurs compagnies de Tramways, notamment les Tramways d'Aix-la-Chapelle, Brunswick, Hambourg, Hanovre, Le Havre, Magdebourg, Metz, Strassbourg, etc., apprécient le joint Goldschmidt d'une façon très favorable.

Aix-la-Chapelle emploie le joint Goldschmidt sur toutes ses nouvelles lignes à trafic intense; Braunschweig estime qu'il est le meilleur joint actuellement connu et aussi qu'il est le plus économique en service par suite de l'entretien peu onéreux du pavage. Glasgow l'utilise sur toutes ses lignes où les voies sont renouvelées. Hanovre l'installe avec succès sur toutes ses nouvelles lignes. Le Havre donne la préférence au joint soudé. De même Magdebourg préfère à tous les systèmes d'assemblage aujourd'hui connus, le sabot porte-rails Scheinig et Hoffmann, le joint Melaun et le joint Goldschmidt. Les Tramways de Metz emploient le joint Goldschmidt depuis une année seulement et en ont obtenu de si bons résultats qu'ils ont décidé de l'étendre à toutes leurs lignes. Les Tramways de Paris et du Département de la Seine estiment que le joint soudé s'impose dans leurs voies en pavage au bois, malgré son prix élevé. A Strassbourg, les joints se sont comportés d'une manière parfaite; jusqu'ici aucun joint brisé n'a été constaté. Vienne également estime que le joint Goldschmidt constitue un perfectionnement important sur les anciens modes d'assemblage. Cinq compagnies employant le joint Goldschmidt ne se prononcent pas sur sa valeur.

Les Tramways de Copenhague, de Kattowitz et de Nice ne sont guère partisans du joint Goldschmidt.

Parmi les procédés de soudure aujourd'hui existants, le procédé aluminothermique Goldschmidt est certes celui qui nécessite le matériel le plus restreint. Le matériel complet pour la soudure des rails ne comporte en effet qu'un certain nombre de moules, un creuset, un serre-joint et un mélange calorigène dénommé Thermit; tout ce matériel est indiqué par la figure 68.

On distingue dans le procédé Goldschmidt deux méthodes de soudure; la soudure bout à bout et la soudure annulaire simple. La soudure bout à bout peut être appliquée de deux façons, soit en mettant seulement à profit la haute température développée par le Thermit, soit en utilisant en même temps le métal fourni par la réaction aluminothermique.

Dans le premier cas, la masse en fusion du Thermit est versée par dessus le bord du creuset, de façon à ce que la scorie touche la première le rail; celui-ci est ainsi recouvert d'une couche protectrice qui empêchera le fer en fusion s'écoulant ensuite, de se souder au rail. Comme nous le disons plus haut, on n'utilise donc dans cette manière de procéder que la seule chaleur développée par le fer au Thermit, laquelle chaleur porte le rail à la température soudante.

La seconde méthode de la soudure bout à bout est d'une application plus fréquente; elle consiste à couler autour du patin et de l'âme des deux rails, un manchon en fer au Thermit; à cette fin, les deux bouts des rails sont fortement serrés l'un contre l'autre au moyen d'un appareil de serrage spécial. Le patin et l'âme des rails se soudent intimement avec le manchon en fer au Thermit, tandis que les têtes des rails sont soudées bout à bout. L'application de cette méthode s'exécute au moyen d'un creuset dit automatique par le fond duquel s'échappe d'abord le fer au Thermit puis la scorie (corindon liquide).

En ce qui concerne la seconde méthode de soudure, c'est-à-dire la soudure annulaire simple, celle-ci diffère de la soudure bout à bout en ce sens que les bouts

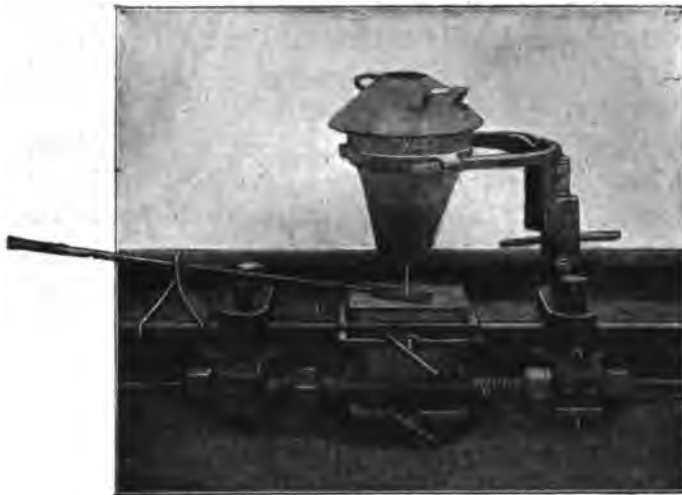


Fig. 68.

des rails ne sont plus pressés mécaniquement l'un contre l'autre; on évite ainsi l'emploi de l'appareil de serrage. Cette méthode de soudure ne trouve son application qu'en Angleterre seulement ou encore dans les réseaux installés par des entrepreneurs anglais. Les résultats obtenus ont toujours été des plus satisfaisants; il semble cependant qu'une soudure bout à bout des têtes des bouts, obtenue en même temps qu'une coulée d'un manchon en fer au Thermit autour du patin et de l'âme, augmente considérablement les garanties d'une jonction parfaite. Quoi qu'il en soit, il nous faut reconnaître que les résultats obtenus sur les voies anglaises sont irréprochables; l'excellence de ces résultats doit probablement être attribuée au sol toujours très résistant sur lequel sont installés les tramways anglais et aussi aux variations moins accentuées de la température dans ce pays.

Dans les pays où la température de l'air est soumise à des changements plus notables, comme aussi dans les réseaux où le sous-sol laisse parfois à désirer, il est préférable d'avoir recours à la méthode dite combinée, laquelle consiste à exécuter une coulée annulaire, tout en employant l'appareil de serrage pour l'obtention de la soudure bout à bout de toute la section du rail. Une telle soudure sera naturellement un peu plus coûteuse, par suite de l'emploi de l'appareil de serrage et de l'usinage subséquent de la table de roulement.



Le prix de revient d'un joint complètement achevé varie, suivant le profil des rails à souder et les conditions locales, entre 22 et 28 marks.

La fig. 69 montre l'application du procédé automatique de soudure sur une ligne de tramways. La fig. 70 représente deux bouts de rails soudés bout à bout avec application d'un manchon soudé.

La maison Goldschmidt a fait paraître plusieurs petits opuscules donnant une description complète du procédé de soudure aluminothermique et renfermant toutes les prescriptions relatives à son exécution.

Les Tramways de Berlin ont également fait un essai en grand du joint soudé Goldschmidt. Un certain nombre de joints soudés ont donné d'excellents résultats;



Fig. 69.

mais par contre d'autres, qui avaient été exécutés sur des lignes présentant un trafic très important, ont montré des défauts après quelques années de pose.

Si, dans certaines exploitations et aussi pour une partie des joints exécutés à Berlin, le joint Goldschmidt n'a pas toujours présenté les qualités qu'on en attendait, il faut en rechercher la cause, non pas dans le procédé lui-même, mais plutôt dans l'exécution des joints, exécution qui, dans les premières années, laissait parfois à désirer; tantôt l'ouvrier procédait sans soin au coulage du thermit et occasionnait ainsi une déformation du joint; tantôt il employait mal l'appareil de serrage; tantôt encore il



Fig. 70.

égalisait les tables de roulement soudées, simplement au moyen d'outils ordinaires : marteau, ciseau, lime, etc.

Les conséquences fâcheuses de cette mauvaise manière de travailler peuvent évidemment être évitées grâce à une surveillance du personnel. Dès qu'il est exécuté avec quelque soin, le joint Goldschmidt présente de très grandes qualités, ce que confirme d'ailleurs l'application favorable de très nombreuses compagnies et aussi le fait qu'à Berlin, une grande partie des joints, qui avaient été exécutés dans les voies sur lesquelles le service était le plus intense, ne présentent jusqu'ici aucun défaut.

*Soudure électrique des rails par le procédé de l'Akkumulatoren-Fabrik Hagen, à Berlin.* — La fabrique d'accumulateurs de Berlin a introduit, en 1903, un nouveau procédé de soudure électrique. A l'encontre du procédé employé communément en Amérique, cette nouvelle méthode est basée sur le dégagement intense de chaleur engendré par l'arc voltaïque que l'on fait jaillir entre le rail et un électrode en charbon. Grâce à un appareil de contact, qui maintient l'électrode, celui-ci peut être promené le long de la pièce à souder et est rapproché des endroits qui réclament le plus grand développement de chaleur; la soudure des deux rails est ainsi obtenue sans difficulté.

Le matériel nécessaire pour la soudure est transporté sur deux chariots seulement; l'un d'eux reçoit une batterie d'accumulateurs servant de batterie-tampon, l'autre un



Fig. 71.

groupe moteur-générateur. Le courant primaire qui alimente le moteur de ce groupe, est pris directement au fil de trolley; le circuit secondaire converti est livré sous la tension de 60 volts.

Le courant électrique développe, aux deux bouts à souder, une chaleur très intense, qui amène rapidement la fusion du métal. Pendant que le métal des rails est ainsi en fusion, on introduit dans l'arc une certaine quantité d'un alliage spécial servant à la soudure; ce métal, en fondant, se mélange intimement à celui provenant du rail. Cette opération se continue sans interruption jusqu'à ce que le joint de soudure soit rempli.

L'arc est réglable en grandeur et en intensité. A la fin de l'opération, on en diminue peu à peu l'intensité, afin d'obtenir un refroidissement graduel des endroits soudés et d'y éviter ainsi les tensions intérieures qu'amènerait un refroidissement trop rapide.

La figure 71 montre une soudure de rail en voie d'exécution, tandis que la figure 72 montre la soudure terminée, mais non encore parachevée. La figure 73

montre un joint soudé qui, pour être entièrement terminé, doit encore être retravaillé sur les surfaces de roulement.

Les Tramways de Hagen, qui les premiers ont fait l'application de ce procédé, ont aujourd'hui 1000 joints soudés électriquement; les résultats obtenus sont des plus satisfaisants.

Les Tramways municipaux de Dusseldorf ont procédé à 220 soudures sur des anciennes voies. Ces essais sont relativement récents et ne permettent pas de porter un jugement concluant sur la valeur de cette méthode d'assemblage; mais on peut cependant dès maintenant prévoir que ce joint se comportera bien.

Les Tramways de Strassbourg qui ont, à titre d'essai, appliqué la soudure électrique à 100 joints, font remarquer dans leur réponse au questionnaire, que le joint

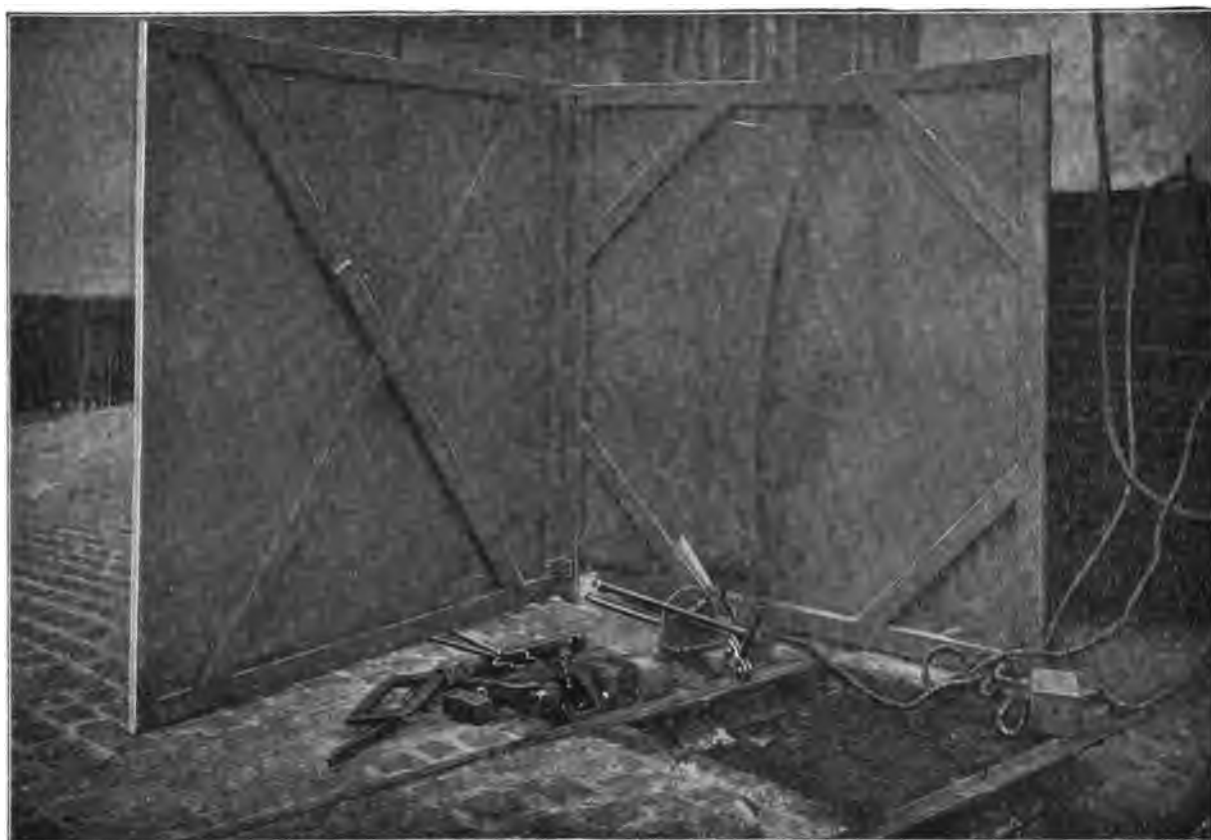


Fig. 72.

soudé leur a donné jusqu'ici complète satisfaction et qu'ils n'ont pas encore observé de joints cassés.

Les Tramways d'Aix-la-Chapelle et de München-Gladbach, qui ont exécuté les premiers 100, les seconds 250 soudures électriques, ne se prononcent pas sur la valeur de ce procédé.

Les Tramways de Berlin ont, à titre d'essai, soudé électriquement 110 joints appartenant à deux lignes différentes. Dans la première série d'essais, on employa comme produit de soudure un métal relativement tendre; les joints ainsi soudés ne donnèrent pas entière satisfaction. Pour les joints de la seconde ligne, qui présentait un service très intense, on employa un métal plus dur; ces joints n'ont donné lieu jusqu'ici à aucune critique.

Lorsque la soudure est exécutée avec soin par un personnel habile et que le parachèvement du joint, c'est-à-dire l'égalisage de la table de roulement est fait mécaniquement et non plus par des outils à main, cette méthode d'assemblage donnera certainement des résultats satisfaisants et doit être considérée comme un assemblage de grande résistance.

*Soudure par chalumeau oxy-acétylénique.* — Quelques mots seulement sur ce nouveau procédé de soudure dû à la Società anonima per Imprese de Illuminazione à Rome. Ce procédé, bien qu'il n'ait été employé jusqu'ici que pour la soudure de tôles, de fers profilés, de tubes, d'organes de machines, etc., peut cependant trouver son application dans la soudure des rails de tramways.

Pour obtenir un soudage de rails, on biseaute légèrement les abouts à souder; on les chauffe au rouge et on les soude en interposant de l'acier entre les parties à souder; cette opération s'exécute au moyen d'un appareil à souder de construction spéciale et très manœuvrable.

L'exécution de la soudure réclame :

1) un appareil producteur d'acétylène avec robinet hydraulique de sûreté pour éviter le renversement de la flamme ;

2) un épurateur placé entre l'appareil producteur et le robinet de sûreté;

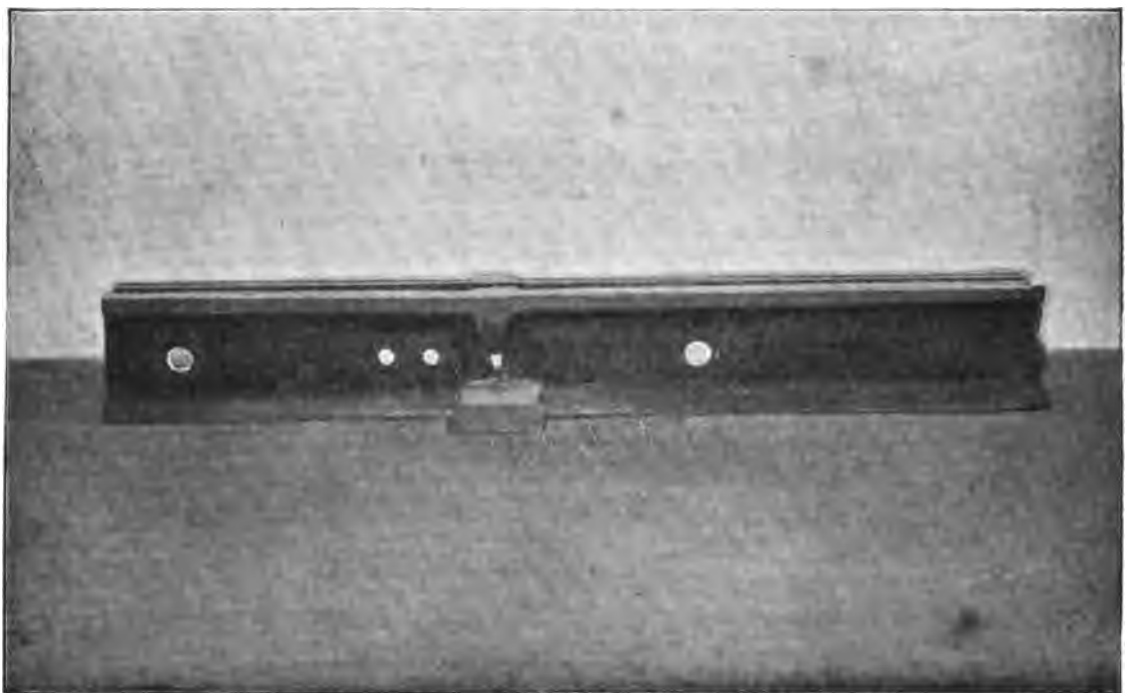


Fig. 73.

3) un réservoir en tôle d'acier renfermant de l'oxygène sous pression; l'oxygène devant pendant l'opération, travailler à la pression de 1 1/2 atmosphère, le réservoir comporte un robinet spécial permettant de réduire la pression ;

4) deux tuyaux en caoutchouc adaptés, l'un au robinet réducteur du réservoir d'oxygène, l'autre au robinet de sûreté de l'appareil producteur d'acétylène. Ces deux tuyaux conduisent les gaz à l'appareil à souder.

La température développée par la flamme est très élevée, moins élevée cependant que celle développée par le procédé aluminothermique Goldschmidt (3000°). M. Fery a fait connaître dernièrement dans le *Bulletin de l'Académie des sciences de Paris*, les températures qu'il a mesurées. Il résulte de cette communication que la température d'une flamme d'acétylène est de 2548°, et celle d'une flamme à gaz détonnant de 2420°. Des essais de soudure ont été exécutés au laboratoire de l'Ecole polytechnique de Rome; ces essais auraient été très concluants.

Nous ne pourrions dire si ce système de soudure a déjà été appliqué à des rails de tramways. Il serait à souhaiter que l'inventeur procédât à de tels essais à l'occasion du Congrès de Milan.

*Joint à double traverse métallique.* — Dans ce chapitre des assemblages pour rails, il convient de comprendre le joint à double traverse métallique que fabrique la maison Breuer, Schumacher et C<sup>o</sup>, de Cologne. Comme le montre la figure 74, la double traverse se compose de deux traverses en fer du type normal, reliées entre elles par deux caissons, de manière à former un seul bâti. Ces caissons placés directement sous les rails, ont le même profil que les traverses. Tout le bâti étant embouti à la presse, on obtient ainsi pour le joint une assiette très résistante ne pouvant se déplacer. Comme le montre la figure ci-dessous, les rails sont réunis à cette traverse double par des plaques à crochets.

L'emploi de ces traverses doubles sous les joints est très recommandé par plusieurs compagnies. Elles ont donné d'excellents résultats notamment sur le réseau des Tramways d'Aix-la-Chapelle, qui les emploient dans les voies à rail Vignole. De

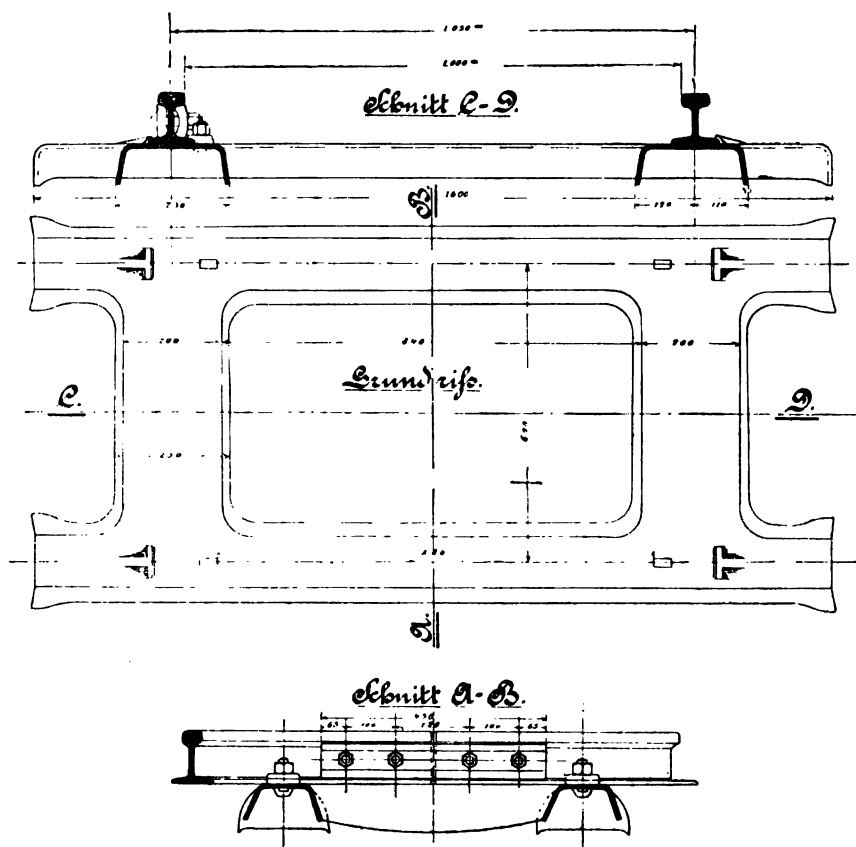


Fig. 74.

même les Tramways de Magdebourg, Barne, Stettin, Karlsruhe et Fribourg, ainsi que de nombreuses lignes de grands chemins de fer et de chemins de fer d'intérêt local, en ont fait l'application.

La double traverse se recommande surtout dans les voies à rails Vignole non noyées, car, par sa grande assiette, elle coopère fortement à la résistance du joint et obvie au cheminement des rails.

Nous ne possédons malheureusement aucun renseignement concernant les résultats obtenus par la traverse double dans les voies noyées en pavage.

**Aiguillages et croisements.** — Comme nous l'avons dit plus haut, l'introduction de la traction électrique sur les lignes de tramways, a assujéti la superstructure des voies à des fatigues considérables. Il en est naturellement de même en ce qui concerne les aiguillages et les croisements de voies ; mais ici les difficultés du problème sont d'autant plus grandes que ces appareils spéciaux de voie comportent

des organes mobiles et qu'une construction mal comprise augmente les chances d'accidents. L'expérience acquise jusqu'à ce jour est loin d'être concluante et nous nous trouvons ici aussi, en présence de tout une série de problèmes dont la solution continue à nous manquer : l'aiguillage parfait au point de vue constructif et économique n'est pas encore trouvé de même qu'un croisement de voies pouvant résister à un service quelque peu intense.

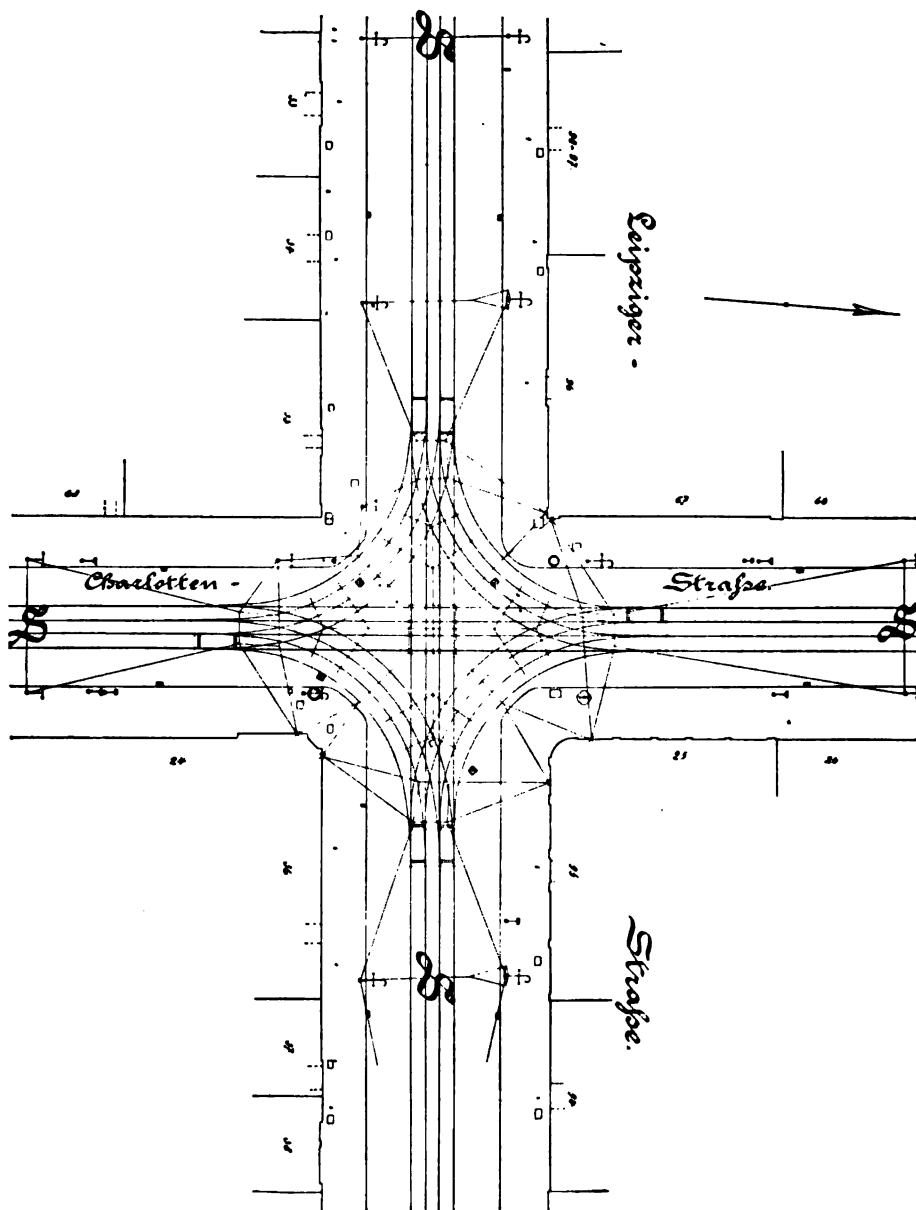


Fig. 75.

Les dépenses excessivement onéreuses que nécessite l'installation des aiguillages dans les voies asphaltées ou pavées au bois, obligent d'ailleurs l'ingénieur à réclamer pour ces parties spéciales de la ligne, une résistance et une durée de service aussi grandes que possible. A l'appui de ce que nous venons de dire, nous ferons remarquer que sur le réseau de Berlin, au point de rencontre des lignes de la Leipzigerstrasse et de la Charlottenstrasse (fig. 75), lignes qui toutes deux comportent un trafic intense, le renouvellement des aiguillages et des croisements s'impose tous les trois ou quatre ans, et que les dépenses qui en résultent, s'élèvent

chaque fois, en y comprenant les travaux de réfection du bétonnage et de l'asphaltage, à l'énorme somme de 75.000 francs.

Nombreuses sont les solutions aujourd'hui proposées pour remédier aux graves inconvénients que nous venons de signaler, soit par l'emploi d'un métal plus résistant, soit par la mise en œuvre d'une construction mieux étudiée.

C'est ainsi que tout d'abord, on a cherché à augmenter la résistance et la durée de service, en remplaçant la fonte dure primitivement employée par l'acier soit coulé, soit laminé. Plusieurs compagnies de tramways, telles que Glasgow, Marseille et autres, emploient aujourd'hui des aiguillages et croisements dont les organes les plus sujets à usure sont des pièces interchangeables en acier au manganèse; parfois ces aiguillages et croisements sont entièrement fabriqués en acier au manganèse. Ces aiguillages et croisements en acier au manganèse, fabriqués aujourd'hui par plusieurs constructeurs, notamment par les établissements Edgar Allen et C<sup>o</sup>, Hadfield, Lorain Steel et C<sup>o</sup>, etc., sont déjà lancés sur le marché depuis quelque temps, tant en Amérique qu'en Europe et ont toujours donné les meilleurs résultats.

La possibilité de pouvoir maintenir plus longtemps en place les parties les plus sujettes à usure et de pouvoir, dans la suite, les remplacer sans devoir enlever toute l'installation, constitue un perfectionnement marquant dans la construction des appareils de voie et en augmente naturellement la durée de service. Les avantages ainsi réalisés sont surtout très appréciables lorsqu'il s'agit de voies en asphalte ou en pavage au bois.

A côté de cette plus grande résistance donnée au métal, les constructeurs ont aussi cherché à rendre plus solides et à perfectionner les organes principaux des aiguillages. C'est ainsi, par exemple, que la pointe, c'est-à-dire l'aiguille proprement dite, qui, par sa position même, est soumise à une usure rapide, présente aujourd'hui une hauteur de 60 à 65 mm. au lieu des 40 ou 50 mm. qu'elle comportait autrefois. De même, on a cherché à éviter autant que possible la flexion de l'aiguille en augmentant le profil. Enfin, on a réservé entre l'aiguille et le rail proprement dit des surfaces d'appui spéciales permettant d'obtenir un maintien plus efficace de l'aiguille dans son logement lors du passage des voitures.

L'ingénieur des voies devra surtout veiller à ce que le logement réservé à la pointe de l'aiguille sous la tête du rail, soit bien établi; il évitera ainsi que, même dans le cas où elle n'appuierait pas complètement contre le rail, l'aiguille soit mal prise, ce qui amènera souvent sa mise hors service. Bien souvent les aiguilleurs ou, le cas échéant, les wattmen lorsque l'aiguillage est desservi de la voiture même, négligent de s'assurer du bon appui de l'aiguille dans son logement; parfois aussi des corps étrangers empêchent la position normale de la pointe; il en résulte souvent des aiguilles tordues d'où, non seulement cause de déraillement, mais aussi obligation de remplacer l'aiguille et parfois de renouveler l'aiguillage tout entier.

Il y a donc grand intérêt, pour l'exploitant de tramways, de faire choix d'un aiguillage permettant le remplacement facile des aiguilles. Celles-ci étaient primitivement maintenues dans l'aiguillage par un pivot calé dans un bloc en fonte; cette construction est aujourd'hui généralement abandonnée et est remplacée par un dispositif donnant au talon de l'aiguille une plus forte assiette; c'est ainsi que dans les aiguillages modernes, le talon de l'aiguille comporte un large disque de rotation reposant dans une batée cylindrique comprise dans un bloc en fonte d'acier. Ce disque est maintenu dans sa batée soit par un système de coins, soit par un verrou avec clavette; il peut être facilement enlevé.

Afin de donner à tout l'appareil une plus grande rigidité, les aiguillages reposent généralement sur une forte plaque de soubassement, reliée aux rails par des boulons.

Les aiguillages à pointes fixes, que l'on rencontrait souvent dans les exploitations à traction animale, ne sont plus guère employés dans les exploitations à traction mécanique; ils sont aujourd'hui remplacés par des aiguillages comportant soit une,



soit deux lames mobiles. L'emploi d'aiguillages à pointes fixes peut cependant encore aujourd'hui se recommander lorsque les aiguilles sont exclusivement prises par le talon, de tels aiguillages, surtout s'ils sont munis de cœurs interchangeables, sont en effet plus solides que les aiguillages à lames mobiles et peuvent être ainsi maintenus plus longtemps dans le pavage.

Les parties d'aiguillages venues de fonte sont généralement établies en acier Martin ou en acier au creuset; ces parties spéciales ne doivent généralement être retravaillées qu'aux raccords avec le rail proprement dit et sur la surface d'appui de la lame.

Les aiguillages établis en coupons de rails semblent devoir être préférés aux aiguillages venus de fonte, en ce sens qu'ils permettent un assemblage des joints analogue à celui employé dans les autres parties de la voie.

Ce serait aller trop loin que de vouloir donner ici la description des différents types d'aiguillages et de croisements aujourd'hui en usage; ces types sont d'ailleurs généralement connus. Nous nous contenterons de faire connaître les particularités principales qui nous ont été fournies par les réponses au questionnaire.

La très grande majorité des compagnies donnent la préférence aux aiguillages à deux lames mobiles; 12 compagnies seulement font usage d'aiguillages à une seule lame mobile et 8 emploient les deux systèmes.

L'installation d'aiguillages à une seule lame mobile s'explique généralement par des raisons d'économie; en effet, par le fait même que ces aiguillages ne comprennent plus autant d'organes mobiles, les dépenses d'entretien et de réparation sont réduites de plus de la moitié.

Plusieurs compagnies donnent la préférence aux aiguilles à ressort pour les aiguillages à une lame mobile et aux aiguilles à manœuvre pour les aiguillages à deux lames mobiles.

Les lames d'aiguillages sont généralement courbées suivant un rayon variant entre 30 m. et 60 m.

L'entretien et le nettoyage journalier des aiguillages présentent une grande importance pour la bonne conservation des appareils; il faudra surtout veiller à ce que les corps étrangers qui viendraient se loger entre les lames et les rails, soient soigneusement enlevés; on obtiendra de la sorte une position convenable de la pointe dans son logement et on évitera les bris d'aiguilles, et partant les chances d'accidents. Les wattmen ont souvent la mauvaise habitude de répandre du sable dans les aiguillages; cette manœuvre doit être absolument condamnée, car elle est une source d'accidents et occasionne souvent la torsion des lames lors du passage des voitures.

Les croisements de voies aujourd'hui généralement employés sont fabriqués en coupons de rails. Ces coupons sont le plus souvent réunis entre eux par de longues éclisses cornières et reposent en outre ordinairement sur de fortes tôles. Afin d'augmenter la durée de service des croisements de voies et aussi afin de ménager le matériel roulant, on installera avec succès dans ces appareils de longues fourrures en acier terminées en plan incliné. Malheureusement, ces fourrures demandent à être souvent remplacées et occasionnent ainsi graduellement la destruction des bourrelets des rails à ornière. Pour remédier à cet inconvénient, les constructeurs laminent aujourd'hui des rails à faible ornière (12-15<sup>mm</sup>) faisant eux-mêmes l'office de pont au-dessus du croisement. Dans les profils de rails composés, ces fourrures sont généralement en fonte d'acier.

Plusieurs compagnies emploient des croisements avec pièces interchangeables en acier très dur. Les Tramways de Glasgow notamment, déclarent que les croisements en acier au manganèse qui leur ont été livrés par la Lorrain Steel Co, leur ont donné d'excellents résultats; il en est de même des autres appareils de la voie également en acier au manganèse.



D'autres compagnies ont installé des croisements fabriqués complètement en fonte d'acier. Les Tramways de Hambourg emploient des croisements en acier spécial Siemens-Martin et aussi des croisements en coupons de rails; ces derniers sont pontés et coulés dans un bloc de fonte. De tels dispositifs sont employés depuis longtemps déjà en Amérique et aussi dans certains réseaux du continent.

Les Tramways de Hanovre possèdent également des croisements en coupons de rails; les points d'intersection sont soudés d'après la méthode Goldschmidt. Ces mêmes tramways employaient antérieurement des cœurs et croisements avec pièces centrales amovibles, mais les résultats obtenus ne furent guère satisfaisants.

Les Tramways de Dusseldorf ont mis à l'essai un croisement en acier Krupp extra dur, remarquable par sa grande résistance à l'usure.

Les Tramways de Berlin également ont installé, à titre d'essai, un appareil de croisement pour deux voies (fig. 76) en acier Krupp; malgré le service intense auquel il a été jusqu'ici soumis, ce croisement n'a encore donné lieu à aucune critique.



Fig. 76.

Afin d'augmenter la durée de service des croisements et des aiguillages, l'ingénieur devra veiller avec le plus grand soin à ce que ces appareils soient solidement réunis à la voie proprement dite, et que les points de raccordement soient bien retravaillés pour ne présenter aucun ressaut; un bon joint rigide est ici de la plus haute importance.

Les dispositifs de croisement et d'aiguillage devront également présenter une assiette très stable évitant tout déplacement. Lorsque ces appareils de la voie se trouvent noyés dans une couverture à l'asphalte ou au bois, l'infrastructure en béton donnera déjà une assiette suffisante. Dans les voies en pavage ordinaire, dans les voies macadamisées, comme aussi dans les voies sur siège spécial, la majorité des compagnies donnent à leurs aiguillages et croisements la même fondation que pour les rails. Souvent cependant, elles se trouvent dans la nécessité de renforcer l'assiette de ces appareils soit par un soubassement en béton, soit par des traverses en bois, soit par un hérisson de pierres brutes, soit encore par un coffre en béton; l'épaisseur de ces soubassements spéciaux varie entre 25 et 40 cm. Les Tramways de Saint-Gall, par exemple, pratiquent sous leurs aiguillage une fouille pour y loger un coffre de cailloutis d'au moins 35 cm. de hauteur; la fosse de l'aiguillage est raccordée à l'égout. Les Tramways de Vienne emploient un ballast en pierrailles sous les files de rails de leurs aiguillages et sous la traverse établie dans l'alignement des pivots; sous la traverse double placée sous le caisson de connexion, est établi un caisson en maçonnerie.

Tous ces dispositifs ont pour but de donner une meilleure assiette aux appareils de la voie; il est de toute nécessité, dans la mise en place des aiguillages et des croisements, de procéder à un très bon bourrage; dans le cas d'une infrastructure en béton, on veillera à ce que l'assiette soit bien plane, car la moindre irrégularité produira bientôt un déchaussement complet de tout l'appareil et, malgré tous les

soins que l'on apportera, ne permettra plus que difficilement un bon raccordement au pavage.

**Connexions électriques.** — Afin de réagir contre la production des courants d'électrolyse et aussi afin de parer à une trop grande perte du circuit de retour, les compagnies de tramways cherchent à obtenir une bonne conductibilité de la voie, soit en faisant usage de joints spéciaux, soit en employant aux joints des connexions en cuivre de toute nature : connexions en fil simple, connexions à brins souples, lamelles, etc. ; parfois aussi on utilise des connexions plastiques système Edison-Brown.

En Prusse, les autorités obligent les compagnies qui utilisent leurs voies pour le circuit de retour, à augmenter la conductibilité du rail en installant aux assemblages des connexions électriques, rendant inefficaces dans la mesure du possible les effets d'électrolyse sur les tuyaux et câbles métalliques enfouis en terre, les ponts métalliques, etc.

Parmi les assemblages de rails présentant une conductibilité électrique suffisante, nous citerons : le joint coulé Falk, les joints soudés d'après les différents procédés que nous avons indiqués plus haut, le joint au zinc, le joint Scheinig et Hofmann, etc. ; ces assemblages spéciaux ne réclament pas l'installation de connexions électriques particulières. D'autres joints encore pourraient être rendus suffisamment conductibles par différents procédés : amalgame, métal Delta, galvanisation, feuilles de zinc ; il y aurait lieu, à notre avis, de procéder à de tels essais ; plusieurs compagnies ont d'ailleurs déjà marché dans cette voie.

C'est ainsi, par exemple, que les Tramways de Copenhague ont galvanisé les éclisses à patins qu'ils emploient dans leurs assemblages de rails ; les surfaces de contact sont préalablement polies et les patins sont fortement pressés contre les abouts des rails. Les Tramways de Frederiksberg, qui utilisaient auparavant des connexions en cuivre de 100 mm<sup>2</sup>, emploient exclusivement aujourd'hui des éclisses à patin galvanisées, qui rendent inutile l'installation de toute autre connexion.

Un grand nombre de compagnies installent leurs connexions électriques extérieurement aux éclisses ; depuis quelque temps cependant, dans le but d'éviter les vols, on semble les placer de préférence sous les éclisses. Les Américains, par contre, installent leurs connexions immédiatement sous la tête du rail afin de pouvoir plus facilement les atteindre en cas de besoin. Dans les voies sur traverses, les connexions électriques se trouvent aussi parfois sous le patin même du rail.

Les Tramways d'Aix-la-Chapelle emploient plusieurs sortes de connexions électriques, notamment dans les voies noyées en pavage des ponts en cuivre rivetés à chaud au rail préalablement décapé et dans les voies sur siège spécial des connexions dites « Horseshoebands » ou « Protected Railbonds » qui se placent sous les éclisses et sont ainsi à l'abri des vols.

Plusieurs compagnies emploient les Union-Railbonds, les Columbia-Railbonds, les Chicago-Railbonds, placés en dehors de l'éclisse ou les Crown-bonds et les connexions Thomson-Houston, placées sous l'éclisse ; ces connexions sont suffisamment connues pour que nous puissions nous dispenser de les décrire. Certains réseaux emploient de simples fils de trolley, parfois galvanisés ; ces fils de trolley sont fixés aux rails au moyen de bornes rivées, soudées ou boulonnées. Souvent aussi les connexions sont formées de deux fils de cuivre présentant chacun une section de 50 à 60 mm<sup>2</sup>.

Les Tramways de Magdebourg, qui jusqu'ici réunissaient leurs rails par des Union-bonds, emploient depuis quelque temps des câbles en cuivre à 7 brins présentant une section totale de 108 mm<sup>2</sup> ; ces câbles sont, aux deux bouts, fichés dans une étoile à 7 points et maintenus dans les trous de rails par des coins spéciaux.

Les Tramways de Cologne, qui employaient jusqu'en 1902 des tiges en cuivre à têtes coniques, utilisent aujourd'hui des connecteurs marque Neptune de la mai-

son Felten et Guillaume à Mulheim-s.-Rh., lesquels sont fixés au moyen de chevilles en acier. Ces connecteurs présentent un diamètre de 11 mm. et une longueur de 1020 mm.; les têtes ont un diamètre de 22 mm.

Dans les superstructures à rail composé, l'une des compagnies ayant répondu au questionnaire, emploie un fil de cuivre de 10 mm. de diamètre pour le rail de roulement et de 8 mm. pour le contre-rail.

Les Tramways de Marseille emploient des connexions composées de lamelles en cuivre rouge à brins souples soudés avec la tête.

Les Tramways de Zurich connectent leurs rails par les connexions Bryon et Edison-Brown. Les connexions de ce dernier système ont donné d'excellents résultats. La connexion Brown-Edison qui, en Amérique, a trouvé de nombreuses applications, n'est que peu utilisée en Europe. Dans son excellent ouvrage sur les Tramways aux Etats-Unis d'Amérique, l'auteur, M. Gustave Schimpff, parlant des différents systèmes de connexions employés en ce pays, écrit au sujet de la connexion Brown-Edison : « Lorsque les rails sont réunis par des connecteurs maintenus en place à la façon ordinaire, on constate souvent sur la surface de contact du cuivre et du fer, c'est-à-dire sur la surface devant donner passage au circuit de retour une destruction graduelle par effet électrolytique et une production de rouille qui oppose une grande résistance au passage du courant, ce qui annihile donc le bon effet du connecteur. Afin d'obtenir une réunion intime des deux métaux ne donnant lieu à aucune résistance électrique, Edison et Brown intercalent entre le connecteur et le rail un amalgame métallique plastique; ils recouvrent de plus les surfaces latérales de l'âme du rail d'une mince couche d'un amalgame alcalin, obtenu par frottement d'un autre amalgame spécial qui les argente et les garantit contre l'oxydation. Le connecteur est installé entre l'éclisse et le rail et est formé par une feuille de cuivre de 3 mm. d'épaisseur, 40 mm. de hauteur et 75 mm. de longueur; il présente à ses extrémités des bossettes qui, par l'intermédiaire de rondelles à ressorts, sont maintenues contre l'âme des deux rails à connecter. Les deux rondelles à ressort sont maintenues contre la face interne de l'éclisse, soit par une bride en fer, soit par une plaque de linoleum présentant un découpage approprié. Entre la plaque de cuivre et les rondelles à ressorts, on intercale une plaque mince d'acier, destinée à éviter que ces rondelles ne s'impriment dans le connecteur. Toutes les surfaces métalliques venant en contact avec l'amalgame doivent être préalablement décapées par une soufflerie au sable et nettoyées à la meule d'émeri. Les pertes du circuit de retour dans une ligne de 1,61 km., ont été mesurées par une intensité de courant de 500 ampères; elles ont été de 21,7 kilowatts dans le cas d'un connecteur non recouvert, de 8,8 kilowatts dans le cas d'un connecteur recouvert et 2,6 kilowatts dans le cas d'une connexion plastique Edison-Brown. »

Les Tramways de Genève connectent également leurs rails d'après le procédé Edison-Brown. Cette compagnie emploie en outre des éclisses électriques en fil de cuivre soudées à chaque extrémité contre l'âme du rail et placées sous l'éclisse, de façon à être protégées par cette dernière. Primitivement le fil de cuivre dont se composaient à Genève les connecteurs, était du fil cylindrique de 0,5 mm. de diamètre enroulé en torons; actuellement les éclisses électriques sont constituées d'un ruban continu de cuivre de 3 × 1 mm. de section enroulé avec 3 ondulations permettant les mouvements de dilatation. Les Tramways de Genève confectionnent eux-mêmes ces dernières éclisses; c'est à ce type qu'ils donnent la préférence.

Les Tramways municipaux de Vienne emploient 3 types de connexions électriques; elles sont formées d'un fil de cuivre complètement étamé et terminé par des têtes soudées. Pour obtenir l'éclissage électrique, on alèse d'abord à la lime les trous ménagés dans le rail pour recevoir les têtes soudées des connecteurs; les têtes sont maintenues dans les trous grâce à une cheville de 8 à 9 mm. de largeur qui, tout en pressant la tête dans son logement, en rabat le bout saillant contre le rail. A côté

de ces connecteurs à tête, les Tramways de Vienne utilisent également des connexions pleines, c'est-à-dire ne présentant pas de trous pour la cheville; ces connexions sont glissées sur des fiches de contact placées à l'avance dans les trous du rail; au moyen d'une presse hydraulique, leurs extrémités sont ensuite à la fois rabattues et pressées contre la face externe de ces fiches. Comme troisième type, Vienne fait usage de têtes de contact où le cuivre enveloppe concentriquement un rivet en fer tendre se terminant à chaque extrémité par une tête conique durcie; une pression exercée sur le rivet, en élargit la partie médiane plus tendre et assure ainsi un serrage parfait du cuivre qui l'entoure. Outre le fil de cuivre de 11 mm. de diamètre, les Tramways de Vienne utilisent également des câbles en cuivre formés de 7 à 40 torons de 1,5 à 3 mm. de diamètre. Tous les systèmes de connexion employés à Vienne n'ont pas donné une satisfaction absolue au point de vue de la durabilité du contact entre le cuivre et le rail. Les Tramways de Vienne ajoutent qu'au point de vue purement électrique, les joints soudés par le procédé aluminothermique et les sabots porte-rails Scheinig et Hofmann offrent un avantage important pour la bonne solution de la question du contact électrique qu'ils ont accessoirement apportée.

Il peut arriver qu'une éclisse électrique ou l'un des assemblages de rails faisant fonction de connexion électrique, soit défectueux et ne permette plus le passage du circuit de retour. Pour obvier à cet inconvénient, on relie souvent les deux files de rails d'une voie simple par des entretoises électriques, à des distances variant entre 30 et 50 m.; dans le cas de voies doubles, on réunit même, environ tous les 100 mètres, les deux voies par de telles traverses électriques. Ces traverses électriques sont généralement constituées par deux fils de cuivre présentant chacun un diamètre de 5 ou 6 millimètres.

Les Tramways de Berlin emploient, dans les aiguillages et croisements, au lieu des connexions ordinaires, des connexions en cuivre étamé, qui sont assujetties au moyen de fiches dites Chamelpins.

Afin d'éviter une trop grande consommation de courant dans le cas d'une défectuosité au circuit de retour, il est bon de s'assurer de l'état des connexions électriques, lors de chaque réfection de la voie. Lorsque la chose est possible, on organisera même de préférence un système de contrôle systématique, en mesurant périodiquement la résistance individuelle des joints; ce contrôle peut d'ailleurs se faire sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir le pavage ou d'interrompre le service.

**Voies volantes.** — L'introduction de la traction électrique a accru dans des proportions relativement considérables le nombre de réfections et de réparations à apporter aux voies. D'un autre côté, les exigences toujours croissantes du service réclament une réduction continue de la durée de ces travaux. Dans les grandes exploitations, ces difficultés sont encore augmentées par le développement permanent qu'y prend le service de nuit. Les quelques heures laissées aux travaux de réfection des voies sont en conséquence le plus souvent insuffisantes et obligent l'exploitant, ou bien de détourner le service, ou bien de faire usage de voies volantes, ou bien même parfois d'installer des voies provisoires.

L'installation de voies volantes est d'ailleurs indispensable dans les cas de réfections ou de réparations aux voies noyées en asphalte ou en pavage au bois, car il est ici absolument nécessaire de laisser au béton le temps de faire prise.

Généralement, dans les cas de renouvellement, les voies volantes sont placées complètement en dehors du siège de la voie et nécessitent en conséquence l'installation provisoire d'un fil de trolley spécial. Dans le but d'éviter cette dernière installation, les Tramways de Berlin se contentent de désaxer l'axe des voies volantes d'environ 30 à 60 cm. par rapport à l'axe de la voie proprement dite. Ce léger désaxement permet l'utilisation du fil de trolley déjà installé et offre en outre

l'avantage de ne pas entraver la circulation générale de la rue sur la partie restante de la chaussée; les voies volantes ainsi placées n'empêchent d'ailleurs pas le bétonnage le long des rails de la voie proprement dite; de plus, comme nous venons de le dire, la circulation générale de la rue n'étant nullement entravée, même dans les artères les plus fréquentées, ces voies volantes peuvent rester en place aussi longtemps que le réclame la prise parfaite du béton.

Auparavant les réfections devaient s'effectuer d'une façon précipitée pendant les courtes pauses du service; aussi l'amélioration apportée à la voie n'était-elle jamais de longue durée, car le bétonnage et la couverture d'asphalte, obtenus d'une manière aussi sommaire, ne tardaient pas à se désagréger. Aujourd'hui au contraire, grâce à ces voies volantes légèrement désaxées, le travail peut mieux s'effectuer et présentera naturellement une plus grande résistance. De plus, il est possible d'éviter, dans cette manière d'installer les voies volantes, l'installation de deux aiguillages



Fig. 76 a.

provisoire, lesquels naturellement augmentent les chances de déraillement. Le passage des voitures sur la voie volante s'obtient facilement par un plan incliné de construction appropriée.

L'installation de ces voies volantes exécutées en rails plats et des aiguillages en plan incliné, de même que leur enlèvement, s'opèrent d'une façon très rapide. Par suite même de leur profil spécial, elles permettent aux voitures et charrettes de les traverser sans difficulté et n'ont, à ce point de vue, donné jusqu'ici lieu à aucune critique.

Les aiguillages pour voies volantes comportaient auparavant une flèche fixe et une flèche mobile; on préfère aujourd'hui les munir de deux flèches mobiles. Les différents organes des aiguillages, de même que les cœurs d'aiguillage sont généralement rivetés sur des tôles en fer forgé d'une épaisseur suffisamment résistante. Les rails sont maintenus à l'écartement voulu par des traverses en fer plat que l'on installe à des distances variant entre 1,0 et 2,0 m. Afin d'éviter que les rails ne s'impriment trop fortement dans la couverture de la chaussée, surtout lorsque celle-ci est en asphalte, il est bon de leur donner une très large surface d'appui (105 à

180 mm.) ; dans les rues asphaltées, on fera même reposer les rails sur de larges planches ou sur des bandes en carton bitumé tel qu'on en emploie pour certains travaux de toiture.

Les rails volants employés communément aujourd'hui, présentent une surface d'appui relativement faible ; il y aurait, à notre avis, grand avantage à augmenter celle-ci, non seulement pour les raisons indiquées ci-dessus, mais aussi afin d'en réduire l'usure et de prolonger ainsi leur durée.

Il résulte des réponses faites au questionnaire que les voies et aiguillages volants sont employées dans environ 40 compagnies. Pour permettre l'exécution de travaux de réfection, certaines compagnies se contentent souvent de dévier le service par d'autres rues. Parfois aussi on opère par transbordement des voyageurs sur toute la longueur du chantier.

Parmi les voies volantes, il faut aussi comprendre les voies pontées permettant l'installation de tuyaux d'eau dans le cas d'un incendie survenant dans une artère parcourue par le tramway. La fig. 76 montre une voie pontée en usage sur le réseau des Tramways de Hambourg. Il résulte des renseignements qui nous ont été fournis par cette compagnie, que cette voie pontée n'est pas souvent employée, car sa mise en place n'est pas exempte de difficultés. Il ne semble d'ailleurs pas qu'elles soient appelées à trouver de nombreuses applications, car il est évident que les pompiers s'occuperont tout d'abord du service d'incendie ; ce n'est éventuellement que plus tard qu'ils pourront songer à installer ces voies pontées.

**Infrastructure des voies.** — Le choix et l'établissement de l'infrastructure sont des facteurs de la plus haute importance dans la construction des voies de tramways. De ces facteurs dépend en effet la consolidation donnée à la voie ; d'eux dépend aussi l'importance que prendront dans la suite les travaux de réfection et de renouvellement. Nombreux sont les systèmes d'infrastructure actuellement en usage ; ils varient suivant la nature du sol, suivant l'importance du trafic du tramway et de la circulation générale de la rue, suivant le système de superstructure mis en œuvre, et enfin suivant les conditions locales.

Dans les petites villes et dans les exploitations de peu d'importance, les artères empruntées par le tramway sont généralement macadamisées ou pavées en pavage ordinaire ; dans ce cas, on donne aux voies une infrastructure élastique, laquelle d'ailleurs devra toujours être préférée dès qu'elle sera possible. Dans les grandes villes par contre, les rues sont généralement pavées en pavage dit de luxe, destiné surtout à pallier au bruit occasionné par le charroi ; l'infrastructure rigide en béton, indispensable pour ces pavages de luxe, est des plus onéreuses, non seulement par suite des dépenses énormes de premier établissement, mais aussi par suite des travaux continuels de réfection qu'elle nécessite et des importantes interruptions de service qu'elle occasionne.

Différents types d'infrastructure pour voies macadamisées ou pavées, sont donnés par la fig. 77. Des réponses au questionnaire, il résulte qu'on emploie dans ces infrastructures le sable, le gravier, les cailloutis en granit, en basalte, en grauwacke, en grès, etc. ; souvent aussi ces infrastructures comportent des longrines en béton, coulées dans des fouilles longitudinales établies sous chaque file de rails ; parfois également cette assiette en béton s'étend sur toute la largeur de la voie. Nous ne croyons pas devoir nous arrêter davantage à la description de ces systèmes d'infrastructure, cette question ayant déjà été traitée en détail dans plusieurs congrès. Nous ferons seulement remarquer qu'une assise en sable fin, en gravier ou en cailloutis de 15 à 30 cm. d'épaisseur, donne généralement de bons résultats ; cette assise repose souvent sur un hérisson de pierres brutes s'étendant sur toute la largeur de la voie. Quelquefois cette assise, avec ou sans hérisson de pierres brutes, ne s'étend que sur 20 ou 30 cm. de largeur, et est alors comprise dans des encoffrements dont la hauteur varie entre 30 et 60 centimètres. Dans ces systèmes d'infrastructure,

il faut veiller à ce que le rail ne repose pas directement sur le cailloutis, mais qu'il soit laissé entre le rail et son assise un espace de 4 à 6 cm. permettant un bon bourrage; à défaut de cette précaution, le rail ne tarderait pas à se déchausser.

Plusieurs compagnies ont installé leurs voies en pavage sur des longrines en béton, coulées dans des encoffrements longitudinaux de 30 à 50 cm. de largeur; cette assise, de 15 à 20 cm. de hauteur, s'étend dans certains réseaux sur toute la largeur de la plate-forme. Pour des voies en pavage ordinaire, ce système d'infrastructure n'a pas toujours donné satisfaction.

A Dusseldorf, un hérisson de pierres brutes (grauwacke) s'étendant sur toute la largeur de la voie, avec un bourrage au gravier de 8 cm. a donné de très bons résultats. Brunswick emploie sur toute la largeur de la voie un encoffrement empierré de 30 cm. de hauteur; le hérisson de pierres brutes est exécuté à la main; après un bon arrosage, l'infrastructure est fortement cylindrée; bien que le sous-sol soit très marécageux, les résultats obtenus ont été des plus satisfaisants.

Leipzig comporte quelques lignes reposant sur un sous-sol très mauvais; dans ces parties du réseau, les voies sont installées sur des traverses en bois et un encoffrement en hérisson de pierres brutes avec cailloutis. Frederiksberg fait avec succès,

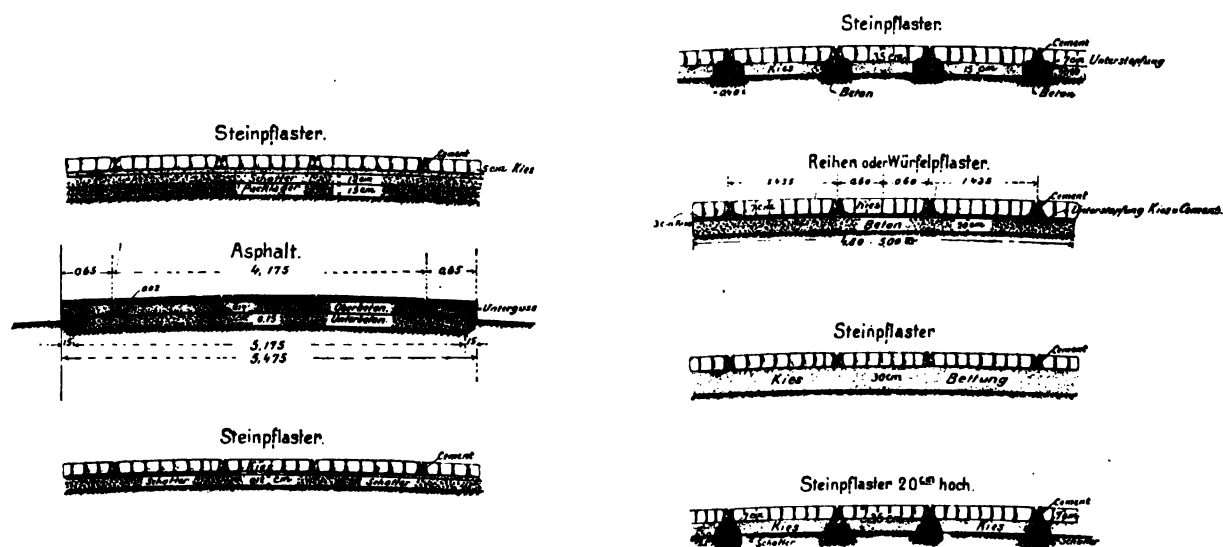


Fig. 77.

aux endroits où le sol ne présente pas une forte consistance, reposer les joints sur des dés en béton armé.

Pour les lignes sur plate-forme spéciale, les voies reposent généralement sur des traverses en bois ou en fer, enfouies dans un cailloutis de gravier ou de pierres cassées; mais pour le passage des agglomérations, ces voies sur plate-forme spéciale sont installées directement, avec un bourrage approprié, sur un radier en gravier, en pierres cassées ou en béton.

Les opinions semblent très partagées en ce qui concerne les avantages que présentent les différents types de couverture de chaussée aujourd'hui employées. C'est ainsi que, pour les chaussées macadamisées, certains exploitants prétendent que ce genre de couverture donne un très bon maintien aux voies et que l'infrastructure est peu coûteuse; d'autres au contraire, sont d'avis que l'infrastructure est onéreuse et difficile à établir. Cette dernière opinion nous paraît très juste en ce sens que dans le cas de réfection aux joints et aussi lorsqu'il s'agit de procéder à un rebourrage de rails déchaussés, on ne peut espérer obtenir une solide et durable consolidation des rails qu'en enlevant entièrement l'assiette de la voie et en la réfectionnant complètement avec le plus grand soin. De même, lorsque la couverture de la chaussée vient à s'affaisser le long de la voie, on ne peut obtenir une réfection convenable qu'en

renouvelant complètement l'empierrement. Il est hors de doute que la couverture des chaussées empierrées est soumise à une forte usure; aussi, afin de combattre autant que possible les inconvénients que présente pour les voies cette usure rapide, est-il recommandable de placer une bordure en pierres des deux côtés de chaque file de rail.

En général, on ne peut obtenir un cylindrage convenable de la partie de la couverture comprise entre les rails; cette opération est surtout difficile dans le cas d'une voie à écartement réduit. Afin de remédier à cet inconvénient, il est préférable de paver complètement le corps de la voie comprise entre les rails.

Les Tramways municipaux d'Helsingborg relatent que, dans leurs voies en chaussées empierrées, ils ont eu à lutter contre de grandes difficultés pour maintenir en bon état la couverture de la chaussée le long des rails et entre ceux-ci. Ils ont mis à l'essai une mixture spéciale à base de goudron que l'on étale à chaud sur la couverture de la chaussée préalablement recouverte d'un fin gravier; ce répandage s'opère entre les rails et sur une bande de 50 cm. à droite et à gauche de la voie. Cette méthode a donné de très bons résultats et la mixture ne devient pas trop molle en été, ni trop dure en hiver; le plus fort froid jusqu'ici a été de — 15°.

Le pavage en grès présente le grand avantage de permettre l'exécution des réfections de la voie pendant la journée, sans qu'il soit nécessaire d'interrompre le service.



Fig. 78.

Aussi la grande majorité des compagnies se déclarent-elles partisans convaincus de ce système de couverture; certaines cependant lui préfèrent les chaussées empierrées; l'une d'elles même reproche au pavage en grès les nombreuses et onéreuses réfections qu'il occasionne. Les deux compagnies de Paris ayant répondu au questionnaire sont d'avis que le pavage en grès est excellent à condition que la pierre soit dure; et elles ajoutent qu'il est le seul permettant une bonne conservation des voies avec un minimum d'entretien.

La fig. 78 montre une coupe en travers d'un voie en pavage ordinaire reposant sur un radier en béton; comme on le voit, on a installé ici des blocs de fonte le long des rails.

Afin de maintenir le pavage en bon état et d'éviter le déchaussement des rails, il est recommandable d'abreuver d'un bon coulis tous les joints du pavage, si possible sur toute la largeur de la voie et de garnir au moyen de mortier au ciment ou au moyen de briques profilées et placées sur un lit de mortier au ciment, les vides existant entre l'âme du rail et les pavés adjacents. D'après les essais auxquels nous avons eu l'occasion de procéder, le meilleur coulis serait donné par une masse bitumineuse ne s'amollissant pas trop à la chaleur du soleil; parfois cette masse bitumineuse est avantageusement mélangée à un mortier au ciment.

De nombreuses compagnies se contentent de jointoyer les pavés au moyen de sable et de gravier; cette manière de faire ne nous paraît guère recommandable, car ce jointoyage n'empêche nullement les eaux de surface de s'infiltrer sous le pavage et dans la forme de la voie, d'où désagrégation rapide de celle-ci et de la couverture.

Le pavage en bois, bien que d'une première installation relativement coûteuse, est bien apprécié de maintes exploitations. Les premières installations eurent lieu en bois tendre; mais l'usure rapide de ces pavés, leur gonflement qui entraînait souvent des déformations de la voie, et enfin aussi le succès qu'obtinrent bientôt les couvertures asphaltées, mirent les pavés en bois tendre à l'arrière-plan. La fig. 79



montre en coupe une plate-forme établie en bois tendre et comprise dans une chaussée en asphalte.

Dans ces dernières années, on a repris les couvertures en bois, mais cette fois en bois dur (Tallowood, Eucalyptus, Jarrah, Karri, etc) . Les pavés en bois dur présentent une plus grande résistance que les pavés en bois tendre, et gonflent aussi beaucoup moins sous l'influence de l'humidité; ces avantages semblent avoir remis en faveur le pavage en bois pour la partie de la couverture de la chaussée comprise

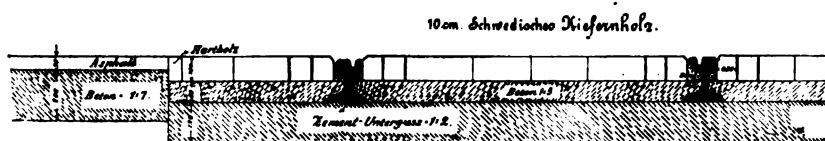


Fig. 79.

entre les rails. Son emploi, pour la couverture des voies de tramways, ne pourra cependant devenir quelque peu général que si l'entrepreneur chargé de la pose, consent à une durée de garantie de plusieurs années; de plus, les dépenses de première installation demandent à être fortement réduites. Paris a fait de nombreuses applications du pavage en bois; Berlin, au contraire, ne l'utilise que dans les rampes d'accès des ponts métalliques.

Nous arrivons maintenant au pavage à l'asphalte, qui est devenu un véritable cauchemar pour les exploitants de tramways. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, ce genre de couverture, dès qu'il est employé sur une vaste échelle, met souvent en jeu le succès économique de maintes entreprises de tramways. Il est incontestable qu'il présente de nombreux agréments pour les riverains des rues traversées par les tramways, mais au point de vue de son entretien surtout, il est devenu une source continuelle de dépenses et de soucis pour l'exploitant. Le plus grave inconvénient que présente ce genre de couverture, c'est le déchaussement des rails.

De nombreuses communes ont en effet traité avec un entrepreneur pour le maintien en bon état des rues asphaltées; la plupart des contrats prévoient cependant que les réfections ne doivent être exécutées que pour autant que les rails ne soient pas déchaussés. Les entrepreneurs abusent généralement de cette clause et l'exploitant de tramways est ainsi obligé de réparer à grands frais et de ses propres deniers, non seulement la couverture de la voie, mais aussi le bétonnage inférieur. Plusieurs compagnies telles que Vienne, Nuremberg, Bordeaux, n'ont pas eu de difficultés avec leurs entrepreneurs.

Mannheim, où l'entrepreneur se refusait à réfectionner la couverture de la chaussée sous le fallacieux prétexte de rails déchaussés, a résilié le contrat, et la couverture en asphalte est aujourd'hui entretenue par les soins de la Municipalité elle-même.

Sur le réseau des Tramways électriques de Leipzig, les entrepreneurs avaient à entretenir l'asphaltage contre paiement d'une somme à forfait; après quelques années, ils se sont refusés à procéder aux réfections nécessaires, en alléguant que les rails avaient perdu leur stabilité. Le différent a été réglé par transaction; les chaussées ont été remises en bon état régulier et la bonne assiette des rails rétablie; les frais de cette réfection ont été supportés par la Ville, le Tramway et l'entrepreneur qui a effectué le travail, chacun pour un tiers. Après cette remise en état, l'entretien de la chaussée sera dorénavant exécuté par l'entrepreneur pour des prix fixés, mais aux frais de la compagnie.

A Cologne, les entrepreneurs ont également refusé de réfectionner le béton et l'asphalte le long des rails déchaussés. Il a été convenu entre la Municipalité, les entrepreneurs et le Tramway, que les rails qui présenteraient des oscillations jusque 0,25 mm., seraient encore considérés comme non déchaussés et que dans ce cas, la

réfection devait être faite gratuitement par l'entrepreneur. Dès que les rails bougent de plus de 0,25 mm., ils sont considérés comme instables; dans ce cas, les réparations provisoires de l'asphaltage, qui seraient nécessaires avant de pouvoir reconso-lider le rail, sont exécutées en régie par le tramway ou par l'entrepreneur aux frais du tramway. Après consolidation des rails, l'asphaltage est exécuté par l'entrepreneur aux frais du tramway.

Les Tramways de Copenhague se sont mis d'accord avec leur entrepreneur en laissant tomber la garantie imposée pour le maintien en bon état de l'asphalte et du béton dans les limites du corps de voie, c'est-à-dire sur la surface comprise entre les rails et sur une bande de 60 cm. à droite et à gauche des rails extérieurs. La compa-gnie décide elle-même quand elle croit devoir procéder aux réfections le long des rails déchaussés.

La Grande Compagnie des Tramways de Leipzig a eu également des difficultés avec son entrepreneur; ce dernier réclamait un paiement supplémentaire pour les travaux de réfection provenant de rails relâchés; il a fait un procès à la compagnie, mais les deux partis sont arrivés à un compromis après la seconde instance. La compagnie s'est ensuite mise d'accord avec l'entrepreneur pour éviter à l'avenir les difficultés de ce genre; elle ne donne malheureusement pas les bases de cet accord.

A Hanovre, les entrepreneurs se sont plusieurs fois refusés à réparer le béton-nage et l'asphaltage le long des rails; maintes fois cependant, en considération d'importants travaux d'asphaltage projetés, ils ont consenti à exécuter à leurs frais les réparations après consolidation préalable des rails par la compagnie; dans la plupart des cas néanmoins, les réparations ont dû être payées à part. Actuellement les travaux ne sont généralement plus adjugés qu'avec une garantie d'une année seulement, et les réparations sont effectuées par le personnel même de la compagnie.

A Dusseldorf, l'entrepreneur est tenu à une réfection gratuite aussi longtemps que les rails présentent un jeu inférieur à 0,25 mm.

Nous ajouterons encore que, d'après les réponses au questionnaire, 13 compa-gnies font exécuter les travaux de bétonnage et d'asphaltage par un entrepreneur, que dans 23 réseaux, ces travaux sont exécutés par la Ville et dans 13 autres par les compagnies elles-mêmes.

La durée de garantie varie entre 1 et 15 années; cette garantie ne concerne géné-ralement que la parfaite qualité des matériaux et la bonne exécution du travail; il est rare qu'elle aille plus loin.

En ce qui concerne la question du réemploi du béton et de l'asphalte, les avis sont très partagés: 5 compagnies sont opposées au réemploi du béton et de l'asphalte; 11 compagnies admettent le réemploi du béton sous certaines conditions, et 20 autres s'y opposent; pour l'asphalte, le réemploi est autorisé dans 12 exploitations et ne l'est pas dans 11 autres. Il ne nous paraît pas possible d'établir sur ce point une règle générale, car le réemploi des matériaux dépend avant tout de leur qualité; il s'agit ici d'une question d'espèce qu'il convient de résoudre dans chaque cas parti-culier.

Les bétonnages inférieurs sont presque généralement établis sur une épaisseur de 15 cm.; rarement sur une épaisseur de 20 cm. Il résulte d'ailleurs de l'expérience acquise à ce jour qu'un radier en béton de 15 cm. d'épaisseur présente une résistance tout à fait suffisante, à condition toutefois que le travail soit exécuté avec soin. Quant aux bétonnages supérieurs, leur épaisseur est des plus variables et dépend avant tout du profil du rail mis en œuvre. Pour un rail de 160 mm., par exemple, (Profil Phoenix 14f), le béton supérieur présentera une épaisseur de 140 mm. et la couverture d'asphalte, de 50 mm.; on réservera pour l'intercalation de la fourrure élastique ou le bourrage en dessous des patins une hauteur de 20 mm.

Afin de ne pas entraver pendant trop longtemps la circulation des rues, les Tram-ways de Berlin emploient depuis quelque temps, dès que la chose est possible, au

lieu d'un béton dosé à 1:8, un béton dosé à 1:6 et même à 1:4. Il résulte des réponses au questionnaire que les bétons mis en œuvre présentent les dosages les plus différents: ces dosages varient entre 1:2 et 1:10.

De même, la durée de prise diffère beaucoup d'exploitation à exploitation. Budapest, par exemple, emploie un béton au ciment dosé dans la proportion de 1:2 et faisant prise après 24 heures; Hanovre, un béton dosé à 1:3 faisant prise après trois jours; Francfort, Strassbourg, etc., au contraire, préfèrent un béton dosé à 1:5, dont la prise varie entre 5 et 10 jours.

Dans le cas d'un béton composé de ciment, de sable et de gravier, les dosages suivants sont très recommandés: 1:3:5; 1:4:6; 1:2.5:6; 1:1:2; 2:3:5; 1:4:5; 1:2.5:5.

Glasgow emploie un mélange de 1 partie de ciment, 2 parties de sable et 4 parties de gros gravier. La prise de ce béton est terminée en 48 heures.

A Genève, le béton comporte 200 kg. de ciment Portland naturel par mètre cube de gravier rond; le gravier rond employé est de grosseur moyenne, c'est-à-dire passant à l'anneau de 4 cm. La durée de prise est d'environ 24 heures.

Liège dose son béton de 200 kg. de ciment par mètre cube, 6 volumes de gros ballast de 2 à 7 cm. et 4 volumes de gravier de 0 à 2 cm. La prise commence après une heure; elle est complète après 12 heures.

A Bordeaux: 250 kg. de ciment Portland par mètre cube de gravier tout venant; la durée de la prise de ce dosage est excessivement courte: 6 heures seulement.

Les Tramways de l'Est parisien, qui emploient le même dosage que Bordeaux, ne considèrent la prise comme terminée qu'après 24 heures seulement. Dans certains cas particuliers, les Tramways de l'Est parisien emploient également du ciment de Grenoble (Porte de France) à 500 kg. par m<sup>3</sup>; la durée de la prise est de 10 minutes seulement.

A notre avis, la prise complète du béton, c'est-à-dire une prise donnant au béton une résistance suffisante pour répondre aux exigences du service de tramway et du charroi, oscille entre 6 à 10 jours pour un dosage à 1:4; entre 10 et 15 jours pour un dosage à 1:6 et entre 15 et 20 jours pour un dosage à 1:8. L'état de l'atmosphère pendant les travaux de bétonnage a naturellement une grande influence sur la durée de prise. Nous ferons remarquer que les durées de prise que nous venons d'indiquer, ne seront pas toujours suffisantes pour donner à la voie une assiette pouvant résister à toutes les fatigues; aussi parfois conviendra-t-il de les prolonger.

La confection d'une voie sur béton réclamant un bétonnage inférieur et un bétonnage supérieur, oblige donc l'exploitant à laisser les voies hors service pendant une période assez longue; cette considération seule suffirait déjà pour montrer les graves inconvénients que présente ce mode d'infrastructure pour un service de tramway et pour une circulation générale de la rue quelque peu intense. Il est encore à remarquer que ces perturbations incitent souvent les autorités et le service d'exploitation du tramway à mettre les voies en service longtemps avant que le béton ait fait complètement prise; il en résulte dès lors que, dans de nombreux cas, même dans les premiers temps, la voie ne conserve pas la solidité qu'on en attendait et que tous les autres travaux accessoires ne sont pas exécutés avec tout le soin nécessaire; aussi, bientôt après la mise en service des voies, se font remarquer les premiers symptômes de dislocation du soubassement. Si, par exemple, l'espace laissé entre le béton et la tête du rail n'est pas très soigneusement rempli d'une masse au bitume — cet espace n'est malheureusement que trop souvent laissé vide, — la moindre fissure donne passage aux eaux de surface. Une fois l'eau dans ce vide, les vibrations du rail opèrent une sorte de succion continuelle à laquelle le meilleur soubassement ne peut à la longue résister; les rails se déchaussent et augmentent encore l'action destructive des eaux sur la voie toute entière. Une consolidation subséquente des rails ne produit qu'un palliatif sans grande importance et généralement de bien courte durée.

Comme avant-coureurs de ce travail de destruction, on remarque le plus souvent le long des rails de petits trous, gros comme une tête d'épingle, donnant passage à une masse rougeâtre, mélange de rouille, de sable et de ciment; on a ainsi la preuve du travail de destruction qui s'opère d'une manière continue à l'intérieur du pavage et bientôt le béton est complètement désagrégé jusqu'en dessous du patin. S'agit-il alors de remettre les voies en état, l'entrepreneur chargé de l'entretien de l'asphalte, se refuse à exécuter les travaux nécessaires sous le fallacieux prétexte que le mauvais conditionnement du pavage est occasionné par le déchaussement des rails; l'exploitant est alors obligé de procéder lui-même aux travaux de réfections et dépense à cette fin, sans relâche, des sommes relativement importantes sans qu'il ait l'espoir d'arriver à un résultat quelque peu durable. C'est ainsi par exemple, que les Tramways de Berlin dépensent annuellement, pour l'entretien courant de l'asphaltage et pour la consolidation des rails, l'énorme somme de 1.100.000 francs.

Bien souvent dans l'exécution du béton inférieur et du bétonnage du rail, on a l'habitude de procéder par petits tronçons et non sur de grandes surfaces; cette manière de faire est surtout suivie dans le cas de double voie, afin de maintenir, pendant les travaux, le service par la seconde voie. Ce mode d'exécution n'est pas à recommander, car on ne peut jamais espérer obtenir de la sorte une réunion intime du béton ayant déjà fait prise avec le béton nouveau; il reste toujours entre les tronçons ainsi exécutés des interstices qui donnent passage à l'humidité provenant du sol, d'où nouvelle cause de destruction de la voie.

Les travaux d'entretien du pavage ne sont pas seuls à occasionner d'énormes dépenses aux compagnies de tramways; il faut encore y ajouter les dépenses nécessitées par le remplacement des rails. Dans les rues les plus fréquentées de Berlin, le remplacement d'un rail de 15 m. dans une voie double, varie entre 4.500 et 5.000 francs; de cette somme, environ 1.000 francs sont réclamés par la superstructure proprement dite, tandis que le reste, soit le quadruple est englouti par le placement des voies, l'asphaltage et les travaux accessoires.

Le renouvellement des voies dans les artères déjà asphaltées, présente encore un autre inconvénient: bien souvent en effet, l'exploitant se trouve dans la nécessité de mettre en œuvre un rail plus haut; si les autorités communales n'autorisent aucun changement au profil de la chaussée, le radier en béton doit être complètement enlevé, ou tout au moins piqué à une certaine profondeur. Ce dernier mode d'exécution n'est pas recommandable, car il se produit inévitablement des fissures sous le rail, d'où désagrégation rapide du béton. L'entretien d'une voie exécutée de cette façon ne cessera pas et le renouvellement du corps de voie tout entier ne tardera pas à s'imposer.

Le même inconvénient se présentera d'ailleurs dans le cas d'un surélèvement apporté après coup à la chaussée; les rails devront en effet reposer alors sur un coulis de béton qui, suivant l'importance du surélèvement, peut atteindre 5 ou 10 cm.; ce coulis deviendra une source continue de dépenses et n'empêchera d'ailleurs pas, tôt ou tard, la réfection complète de toute l'installation.

Afin d'obtenir une voie bien assise, il faut absolument dans les deux cas que nous venons d'examiner, ou bien que le profil de la chaussée corresponde exactement au profil du rail employé, ou bien enlever complètement le radier de béton déjà existant pour le renouveler dans toutes ses parties.

Dans un but d'économie, on a cherché, dans les rues déjà asphaltées et qui devaient recevoir une voie de tramway, à éviter l'installation d'un radier s'étendant dans toute la largeur de la voie, pour n'employer que des longrines en béton servant de supports aux rails. Les résultats n'ont pas été heureux, et l'entretien d'une telle voie a été une source continue de dépenses. Aussi vaut-il mieux faire de suite un sacrifice d'argent et enlever la couverture de la chaussée sur toute la largeur de la voie pour pouvoir procéder à l'exécution d'un radier en béton de dimensions appropriées.

La mise en place d'un coulis spécial sous les rails et le bourrage de ceux-ci, pour racheter la dénivellation entre le patin du rail et le radier en béton, est une opération d'une grande importance qui demande à être exécutée avec des matériaux de premier choix; des soins apportés à cette opération, dépend la bonne conservation de la superstructure et de la couverture d'asphalte. Dans les premières années de la traction électrique, on employait presque exclusivement un coulis au ciment de 2 à 3 cm. d'épaisseur; lorsque ce travail était bien fait, les résultats étaient généralement satisfaisants. Le bourrage par mélange humide de gravier et de ciment donne également de bons résultats; il présente l'avantage de permettre le bétonnage des voies immédiatement après le bourrage; le bourrage au ciment, au contraire, demande un certain temps avant de faire prise.

L'accroissement continu du trafic comme aussi la nécessité de réduire à un minimum les interruptions de service, incitèrent les compagnies de tramways à accélérer davantage encore les travaux de réfection aux voies et les conduisirent à mettre à l'essai un coulis d'asphalte d'une épaisseur de 20 à 25 mm. Ce procédé, bien que pratique, présente cependant de nombreux inconvénients. Tout d'abord la masse d'asphalte se trouvant à une très haute température, il arrive parfois, lorsque le travail n'est pas fait avec le plus grand soin, que le rail se soulève en certains endroits et ces déformations perdurent, même après le refroidissement de la masse. Le passage des voitures sur ces endroits défectueux produit alors un mouvement du rail dans son plan vertical; la jonction intime du rail d'une part et de l'asphalte et du béton d'autre part est bientôt détruite; les eaux de surface pénètrent jusqu'en dessous du patin et ne tardent pas à produire les effets destructifs que nous avons indiqués plus haut.

Les conditions atmosphériques, une résistance insuffisante de la masse de bourrage par suite d'un mélange incomplet ou de l'emploi de matériaux de moindre qualité, l'humidité, le remplissage incomplet des vides près du patin et de la tête du rail dans le cas d'emploi de masses bitumineuses trop peu consistantes, sont autant de facteurs qui doivent être pris en considération et dont les effets, parfois très rapides, sont des plus préjudiciables pour la conservation des voies.

Bien souvent l'entrepreneur chargé du bourrage à l'asphalte des rails n'apportera pas tous les soins voulus à l'obtention d'un mélange uniforme; aussi la durabilité de ce bourrage à l'asphalte est-elle très variable. Il serait, à notre avis, désirable que l'on procédât à des essais pour rechercher quel serait le meilleur mélange; de plus, que ce bourrage soit effectué par les compagnies elles-mêmes comme faisant partie de la superstructure proprement dite. Cette manière de faire serait d'autant plus à conseiller, que l'entrepreneur chargé des travaux de bétonnage et d'asphaltage n'accorde généralement pas de garanties pour la bonne conservation du coulis d'asphalte et pour un bon calage des voies, ni non plus pour la consolidation des voies.

Nous ferons remarquer en passant que les Tramways de Zurich emploient avec succès, depuis bientôt deux ans, pour le bourrage des rails, un mélange composé de 90 kg. d'asphalte (Travers mastix), pour 30 kg. d'asphalte de la Trinité et 10 kg. de sable à grains anguleux.

Certaines compagnies de tramways ont mis à l'essai des semelles d'asphalte; mais les résultats obtenus n'ont généralement pas été satisfaisants.

L'emploi de fourrures de pitch-pin et en feutre est encore trop récent pour que nous puissions nous prononcer sur la valeur de cette innovation.

L'ingénieur de la voie devra également apporter tous ses soins au garnissage au moyen d'une masse bitumineuse des vides existant entre l'arête inférieure de la tête du rail et l'arête supérieure du bétonnage. Ce garnissage qui a pour but d'éviter le passage des eaux de surface, devra être exécuté sur toute la profondeur du vide, jusqu'à l'âme du rail. De même, tous les vides existant aux joints seront coulés d'une

masse bitumineuse à chaud ou d'un métal facilement fusible, car, en ces points surtout, il convient d'éviter par tous les moyens possibles la pénétration de l'eau.

Les dés en béton remplaçant le bétonnage inférieur n'ont été employés jusqu'ici que dans peu d'exploitations. Crefeld notamment place sous les croisements des

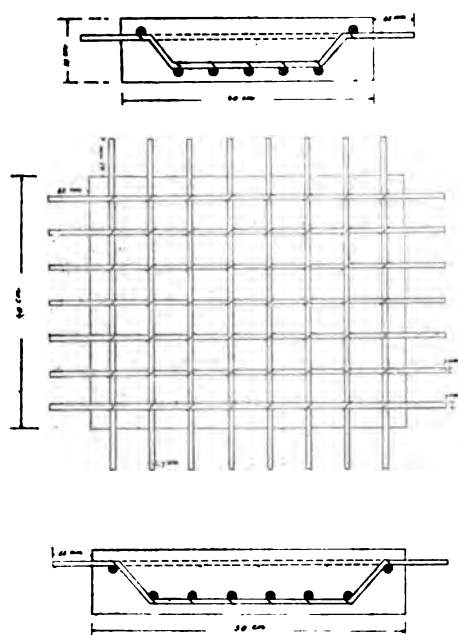


Fig. 80.

plaques en béton armé. Frederiksberg emploie, comme nous l'avons déjà dit, des dés en béton armé sous les joints. Genève fait également usage de dés en béton (chaux hydraulique, pandézite) ayant déjà faite prise et entre lesquels le béton est coulé. Hambourg installe depuis l'année passée des longrines en béton ayant déjà fait prise ; ces longrines de 1 m. de longueur sont tantôt en béton armé, tantôt en béton ordinaire.

Nous ferons remarquer que l'emploi de ces dés ou longrines en béton suppose la présence d'un sol résistant.

Les Tramways de Berlin ont, depuis quelques années, dans les artères déjà asphaltées, mis à l'essai pour l'installation de voies nouvelles, des dés en béton armé destinés à servir de supports aux rails. Grâce à ces dés, il n'est plus nécessaire d'attendre la prise complète du béton et les rails peuvent être mis en place immédiatement après l'installation des dés ; le travail est donc ainsi accéléré. Les dés

(fig. 80) installés à Schöneberg, faubourg de Berlin, sont rectangulaires (400 × 50 mm.) et ont une épaisseur de 100 mm. ; ils sont installés sous les rails à des distances variant entre 1.6 m. et 2.0 m. (fig. 81) de milieu à milieu. Lorsque le planum de la



Fig. 81.

chaussée est terminé, on place les dés dans un lit au mortier de ciment de 30 mm. d'épaisseur; il est laissé entre la surface supérieure de ces dés et le patin du rail un intervalle de 20 mm. Comme le montre la fig. 80, l'armature s'abaisse à l'intérieur du dé, pour mieux résister aux efforts de traction; les fers ronds dépassent également de 6 à 8 cm. les bords de la plaque, de manière à obtenir une réunion intime avec le béton avoisinant et éviter ainsi le tassement. Lorsque les rails sont en place, on bourre fortement au béton (fig. 82), sur toute la largeur du patin et entre les dés au moyen d'un béton à 1:4. Ensuite, on procède au calage du rail sur le dé au moyen d'un coulis d'asphalte ou au moyen d'un mortier au ciment suffisamment gras. Une fois les rails ainsi calés, on bétonne la partie restante; ce bétonnage va du planum de la voie jusqu'à la couverture de la chaussée. Le travail est, comme on le voit, très simple et ne réclame pas la présence d'un personnel spécial; des ouvriers quelque peu habiles suffisent. Avec le même nombre d'ouvriers, le travail est de 4 à 5 fois



Fig. 82.

plus rapide que celui que réclame généralement la confection d'un radier en béton de 15 cm. s'étendant sur toute la largeur de la voie.

Ce mode de construction présente encore un autre avantage: le calage du rail à l'asphalte, relativement assez coûteux, n'est ici nécessaire que sur les dés seulement; l'économie ainsi réalisée est d'environ 70 %. L'infrastructure de la voie est des plus solides; en effet, ces dés en béton armé offrent une grande résistance à la flexion et répartissent convenablement les forces sur le sous-sol; de plus, la cohésion avec le béton avoisinant, en dessous, autour et le long des rails, est beaucoup plus intime et l'on obtient ainsi en quelque sorte un monolithe qui emprisonne convenablement la voie. Au contraire, dans le mode d'exécution généralement employé, il existe toujours une surface de séparation entre le bétonnage inférieur et le bétonnage supérieur, et aussi entre et le long des rails. Autre avantage enfin: les voies peuvent sans crainte, être mises plus rapidement en service.

Les essais faits à Berlin montrent que les rails ne se déchaussent pas facilement dans ce nouveau système d'infrastructure: la ligne d'essai, mise en service depuis juillet 1902, n'a pas encore donné lieu à réparation; la couverture d'asphalte le long des rails non plus, n'a dû être réfectionnée.

Comparée aux prix payés à Berlin pour les autres systèmes d'infrastructure, même comparée au radier en béton d'un dosage économique (1 tonne ciment, 1 m<sup>3</sup>

gravier), l'infrastructure par dés en béton armé avec calage à l'asphalte, est le moins coûteux (environ 2 francs par mètre de double voie) (1).

Pendant l'année courante, les Tramways de Berlin ont également ancré les rails sur des dés en béton ayant déjà fait prise. De tels ancrages ont d'ailleurs déjà été mis à l'essai par d'autres compagnies. Les fig. 83 et 84 montrent un système d'ancrage. L'ancrage des rails sur des dés en béton armé a également été essayé à

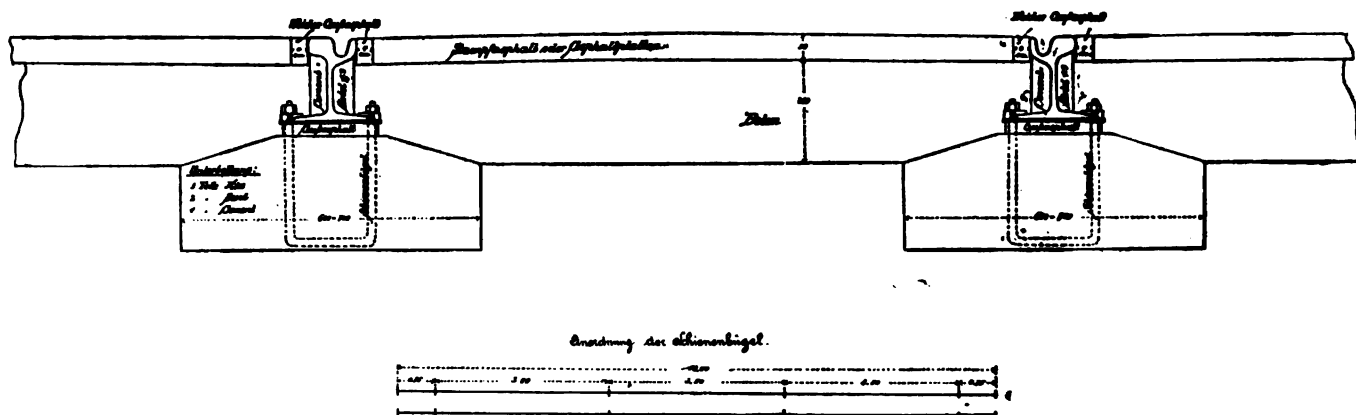


Fig. 83.

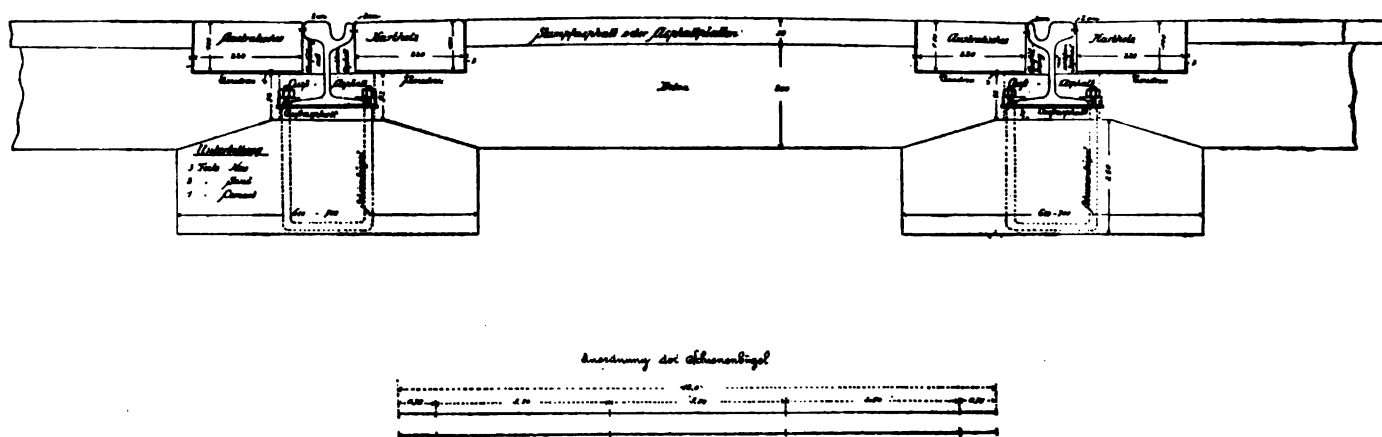


Fig. 84.

Dresde. Ces essais sont encore trop récents pour que nous puissions nous prononcer sur la valeur de ce procédé.

De même qu'on a cherché par tous les moyens possibles, sans cependant y parvenir, à obtenir, dans les voies asphaltées, un encastrement parfait du rail dans le pavage, de même on a essayé, sans mieux réussir, de nombreuses méthodes pour trouver un raccordement relativement convenable de l'asphalte avec le rail. Deux systèmes ont été expérimentés : dans l'un on évite que les oscillations produites sur le rail, ne se reportent sur l'asphalte, c'est-à-dire on cherche à ne pas rendre nécessaire les réfections à l'asphalte de raccordement ; dans l'autre, on tend à rendre possible un nouvel encastrement du rail, sans devoir occasionner de travaux de réfection trop importants au bétonnage.

On avait tout d'abord cherché à installer le long des rails des sortes de longrines faisant office de bordure ; ce procédé dut être abandonné, car, à la longue, les longrines se déchaussaient également.

(1) Voir au sujet de l'infrastructure par dés en béton armé : *Zentralblatt der Bauverwaltung*, n° 79, du 3 octobre 1903 ; *Zeitschrift für Kleinbahnen*, du 3 juin 1905 ; *Deutsche Bauzeitung*, nos 27 et 28, du 4 et du 7 avril 1905 ; *Zeitschrift für Transportwesen und Strassenbau* 1906, nos 22 et 23.



Les bordures en pavés de bois non plus n'ont donné en général des résultats favorables. C'est ainsi notamment qu'on a tenté de résister à la destruction de l'asphalte et du béton le long des rails en bordant ceux-ci de une, de deux et même de trois rangées de pavés en bois, tantôt en bois tendre, tantôt en bois dur : les résultats

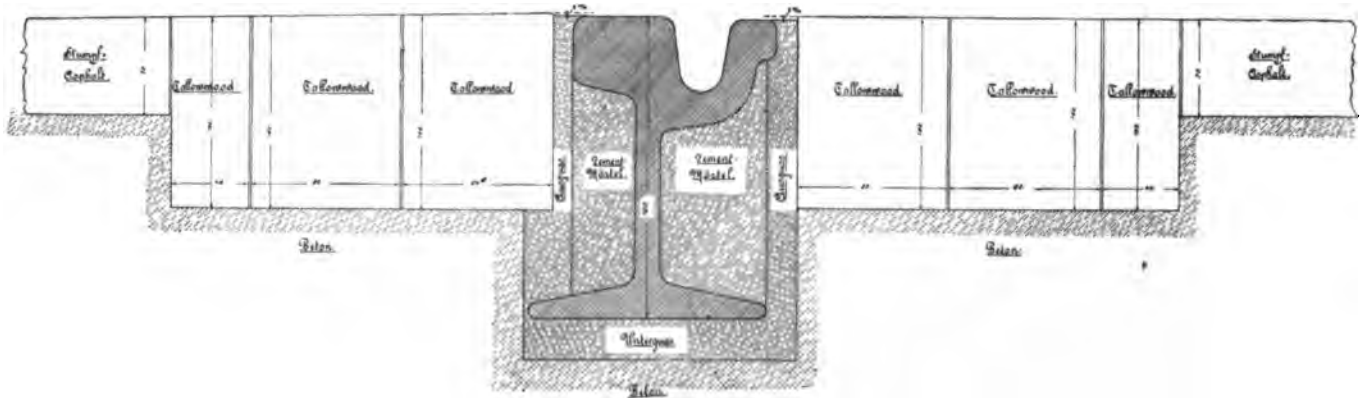


Fig. 85.

n'ont été que très rarement favorables. La fig. 85 par exemple montre un tel dispositif qui, après quelques années d'installation dut être complètement abandonné, car le rail se déchaussait rapidement de son logement et les pavés de bois étaient soulevés hors de la couverture.

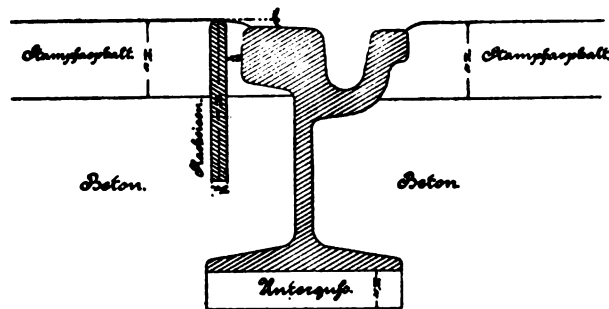


Fig. 86.

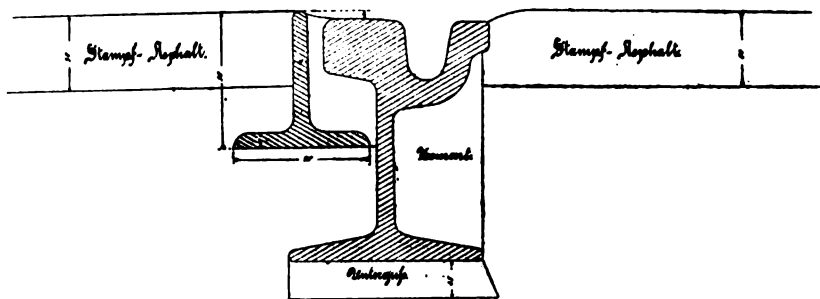


Fig. 87.

Les fig. 86 et 87 montrent comment, par l'emploi de fers plats et de fers en T, on a cherché à séparer du rail la couverture d'asphalte de la voie, rendant ainsi celle-ci complètement indépendante. Ces fers plats ou en T comportaient une hauteur de 10 cm. et étaient installés dans le bétonnage parallèlement aux rails, affleurant à la hauteur de l'arête supérieure du rail et à une distance de 3 à 5 cm. de celle-ci.

Le vide existant entre ces fers-bordure et le rail était rempli d'une masse bitumineuse. Bien que ce procédé évite jusqu'à un certain point la destruction de l'asphalte le long de ces fers-bordure, il ne combat nullement le déchaussement de la voie, car la masse bitumineuse coulée entre ces fers-bordure et le rail ne tarde pas à se pulvériser complètement. Dans l'espoir d'obtenir de meilleurs résultats, on expérimente depuis quelque temps des fers en T également enfouis dans le béton, mais présentant une hauteur de 160 mm.; à l'encontre du procédé précédent, ces fers ne sont plus installés à hauteur de l'arête supérieure des rails, mais restent à 1 ou 2 cm. en dessous, pour éviter que dans la suite, ils viennent à émerger hors de la couverture de la chaussée.

On a également cherché à raccorder au rail la couverture d'asphalte, en intercalant une bande de 5 cm. en asphalte coulé; les résultats ont été négatifs.

En Amérique non plus, on n'est pas encore parvenu à trouver un bon raccordement entre l'asphalte et le rail; tous les essais ont échoué et les compagnies américaines se contentent aujourd'hui d'arrêter l'asphaltage de la chaussée à droite et à gauche de la voie, et de recouvrir celle-ci d'un pavage ordinaire en pavés taillés:

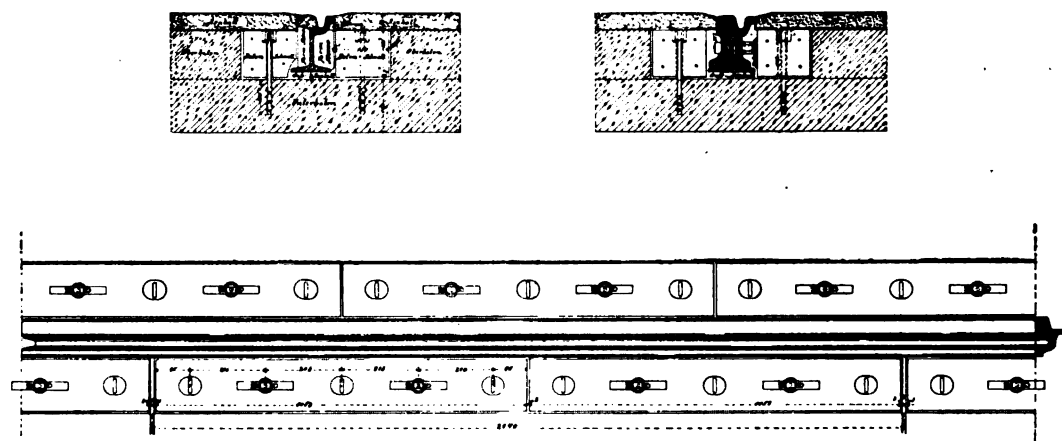


Fig. 88.

ce procédé est adopté aujourd'hui même dans les artères les plus luxueuses des grandes villes. Quelques économies importantes auraient pu réaliser les compagnies de tramways du continent, si une telle manière de faire leur avait été permise! Nous sommes heureux de constater en passant que déjà certaines municipalités sont disposées à autoriser le pavage ordinaire du corps de voie proprement dit; c'est ainsi notamment qu'à Brix près de Berlin, la Compagnie de Tramways, qui avait à installer une voie dans une rue asphaltée, a été autorisée à paver sa plate-forme en grès taillés.

Depuis deux ans environ, à Berlin, on a mis aussi à l'essai un système de bordures en béton armé ayant déjà fait prise (fig. 88); l'expérience faite jusqu'à maintenant permet d'espérer que ce procédé donnera de bons résultats. Ce procédé a d'abord été employé pour le réfectionnement de joints ou un nouvel encastrement du rail; la couverture d'asphalte et le béton étaient enlevés le long des barres sur une certaine largeur et jusqu'à hauteur du patin du rail; cette opération se faisait par voie électropneumatique au moyen d'un pistolet ou ciseau percuteur actionné à l'air comprimé. Lorsque le joint était réfectionné ou bien le nouvel encastrement du rail obtenu, on installait contre les évidements des éclisses, des pavés spéciaux en bois, des briques profilées ou d'autres matériaux, lesquels avaient été préalablement plongés dans une masse de bitume de consistance assez épaisse. Les vides restant le long des rails étaient ensuite soigneusement séchés, puis, après avoir été chauffés, étaient comblés par des bordures en béton ayant déjà fait prise; ces bordures de 1 m. de longueur et de largeur appropriée (12 à 30 cm.) étaient, avant d'être mises en place,

plongées également dans une épaisse masse au bitume; leur arête supérieure est au niveau du bétonnage supérieur; elles sont fortement scellées dans le béton inférieur au moyen de doguets à goupille. Les rainures restantes sont enfin coulées au moyen de bitume ou de toute autre mixture hydrofuge. La figure 89 montre le travail de découpage au moyen du ciseau percuteur.

Le procédé que nous venons de décrire a été employé récemment aussi sur de nouvelles voies.

Cette méthode présente de grands avantages: l'enlèvement de l'infrastructure se fait notamment sans occasionner de vibrations aux rails; de plus, les voies peuvent être remises en service, immédiatement après le placement des bordures en béton. Un autre avantage encore, c'est que les réfections aux voies sont de la sorte fort facilitées; il suffit en effet de découper l'asphalte supérieur au-dessus des bordures,



Fig. 89.

d'enlever celles-ci en détachant la goupille et en chauffant légèrement pour faire fondre la masse bitumineuse qui les entoure. Afin de faciliter l'enlèvement de ces blocs de béton, ceux-ci sont munis, à leur fabrication, de plusieurs anneaux.

Si l'on prend en considération que, dans les procédés généralement employés jusqu'ici, l'enlèvement du béton occasionnait aux rails de fortes vibrations qui les déchaussaient sur toute leur longueur, que par suite de la prise lente du béton, les voies devaient rester hors service pendant parfois 15 à 20 jours, occasionnant ainsi une entrave sérieuse à la circulation générale, surtout dans les grandes villes, on devra reconnaître que cette nouvelle méthode de travail réalise un grand progrès et que, si les résultats continuent à être favorables, elle est appelée à grand avenir.

Si, comme il y a lieu de l'espérer, ces bordures en béton armé continuent à donner de bons résultats, si de plus on fait usage des dés en béton armé que nous avons décrits plus haut, on sera ainsi en état d'installer complètement une voie en un laps de temps beaucoup plus court qu'aujourd'hui, ce qui dans les grandes villes à

circulation intense est d'une importance capitale. De plus, aussi dans les cas de réfection à la voie, les anciennes méthodes obligeaient à laisser les chantiers ouverts pendant une période de 15 à 20 jours, nécessitant une installation de voies volantes ou un détournement du trafic; grâce à cette nouvelle méthode, les réfections pourront être exécutées sans interruption aucune du service.

Il ne nous est pas encore possible de dire d'une façon péremptoire si les dés et bordures en béton donneront tous les résultats qu'on en attend; il faut en effet que ces essais perdurent pendant de longues années avant que l'on puisse porter un jugement définitif sur la valeur de ce mode de construction.

**Drainage des voies.** — Les effets des eaux de surface pénétrant dans le corps de la voie sont des plus redoutables pour la bonne conservation du pavage et l'encastrement des rails; aussi convient-il de remédier à ce grave inconvénient par des dispositifs de drainage en tous les endroits où la chose est possible; on réduira de la sorte, dans de fortes proportions, les dépenses de réfection de la voie.

Les appareils de drainage aujourd'hui employés peuvent se subdiviser en deux classes; les uns servent à l'assèchement de l'infrastructure, les autres conduisent immédiatement à l'égout les eaux de surface venant se réunir sur la couverture du corps de voie ou dans l'ornière des rails.

Il résulte des réponses au questionnaire qu'environ soixante compagnies procèdent au drainage de l'infrastructure ou à l'abduction des eaux de surface; les dispositifs employés sont des plus divers et en général les résultats obtenus peuvent être considérés comme satisfaisants. L'ingénieur chargé de l'entretien des voies devra apporter tous ses soins à ce que l'orifice des conduites donnant passage aux eaux, soit toujours très propre et que les conduites elles-mêmes ne soient jamais obstruées.

Dans les lignes sur siège spécial, l'assèchement du corps de la voie s'obtient généralement par des drains ou par des rigoles ouvertes, raccordés aux fossés bordant la ligne, à des puits perdus ou, le cas échéant, aux égouts existants.

Les Tramways de Genève, qui ont installé sur leurs lignes de nombreux dispositifs de drainage, font remarquer qu'un éloignement des eaux superficielles, aussi fréquent que possible, donne de bons résultats au point de vue de la conservation de la forme et de la superstructure.

Les Tramways de Leipzig ont installé dans leurs voies, des tuyaux de drainage qu'ils ont raccordés aux égouts.

Regensburg procède en certains endroits à l'assèchement de la forme en installant au milieu de la voie des drains d'une longueur d'environ 2 m., desquels l'eau s'écoule vers l'extérieur par d'autres drains de moindre diamètre.

Il est de la plus haute importance d'installer des dispositifs de drainage aux points les plus bas des lignes, car, en ces points surtout, les eaux de pluie et d'arrosage trouvent difficilement à s'écouler et sont constamment en mouvement par suite du passage des voitures. Il en résulte non seulement une destruction rapide de l'asphalte et du béton le long des rails, ou, dans le cas d'un pavage en grès, un lavage complet des jointoyages avoisinant les rails, mais surtout une pénétration plus rapide des eaux sous le patin du rail.

Dans les voies en asphalte, en pavés de bois ou de grès, plusieurs compagnies procèdent à l'évacuation des eaux de pluie en installant sous chaque rail des boîtes d'assainissement reliées directement aux égouts (fig. 90, 91 et 92).

D'autres préfèrent n'installer qu'une seule boîte centrale couvrant tout l'espace compris entre les deux rails de chaque voie. Ce dispositif doit, à notre avis, être préféré parce que le nettoyage des rainures pratiquées dans le rail pour l'évacuation des eaux, y est plus facile et surtout parce qu'on peut utiliser ici des tuyaux de vidange droits, qui sont moins sujets à s'obstruer que les tuyaux courbés. Afin

d'éviter l'obstruction, les tuyaux de vidange devront présenter une section aussi grande que possible.

La figure 93 montre un dispositif de drainage de cette catégorie. Les rainures pratiquées dans le rail ont une longueur de 180 mm.; elles sont obtenues par découpage du bourrelet du rail; la boîte en fonte s'étend sous les rails qu'elle supporte par des consoles venues de fonte. L'arête inférieure du tuyau de vidange se trouve à 45 mm. au-dessus du fond de la boîte, afin de permettre à la boue et aux autres matériaux contenus dans les eaux de surface de se déposer. La boîte de vidange a une hauteur de 434 mm., une largeur intérieure de 1275 mm., une longueur supérieure de 215 mm. et une longueur inférieure de 180 mm. Les cloisons présentent une épaisseur de 15 mm. et le couvercle une épaisseur de 35 mm. Le tuyau d'évacuation a un diamètre de 150 mm. Le couvercle de la boîte de vidange pourrait, à notre avis, être avantageusement remplacé par une sorte de gril, ce qui permettrait également l'évacuation des eaux comprises entre les rails et qui ne pourraient pas être vidangées par les ornières.

Ce serait aller trop loin que de vouloir décrire ici tous les dispositifs de drainage employés de nos jours. Qu'il nous suffise de faire remarquer que, quelle que soit leur construction, les dispositifs de drainage ont toujours et partout donné de bons résultats.

La figure 94 montre un dispositif de drainage installé à Berlin au bas des rampes donnant accès au Pont de Potsdam; ce dispositif, tout en fer, avait été reconnu nécessaire pour drainer le pavage en bois de ces rampes et mettre ainsi obstacle au gonflement des pavés.

**Eclairage des chantiers.** — La plupart des compagnies éclairent leurs chantiers de nuit au moyen de bouquets de lampes à incandescence suspendus au fil du trolley. Ce mode d'éclairage est incontestablement le plus pratique et aussi le plus économique.

Certains exploitants cependant préfèrent un éclairage à l'acétylène, au pétrole, aux vapeurs de benzine, d'alcool, etc. Ce mode d'éclairage devient d'ailleurs nécessaire lorsqu'il n'est pas possible de maintenir de nuit la ligne sous courant.

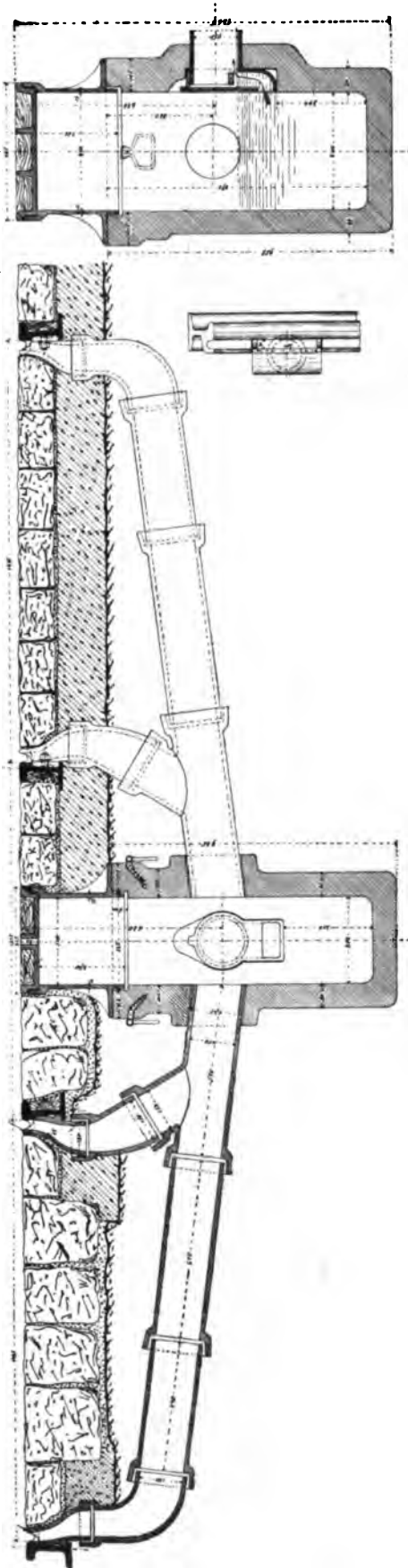


Fig. 90. — Drainage de voies à Hambourg.

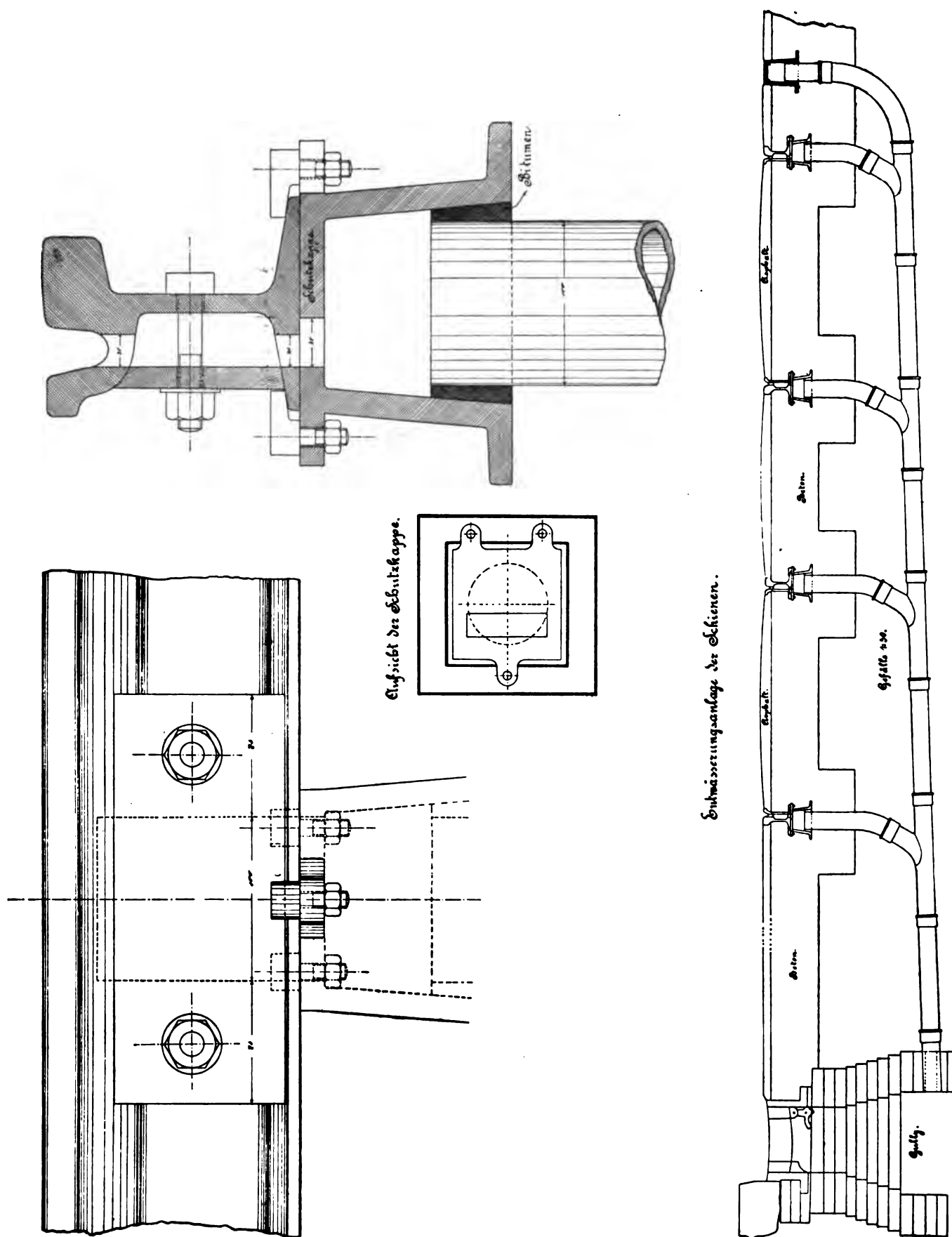


Fig. 91. — Drainage de voies à Berlin.

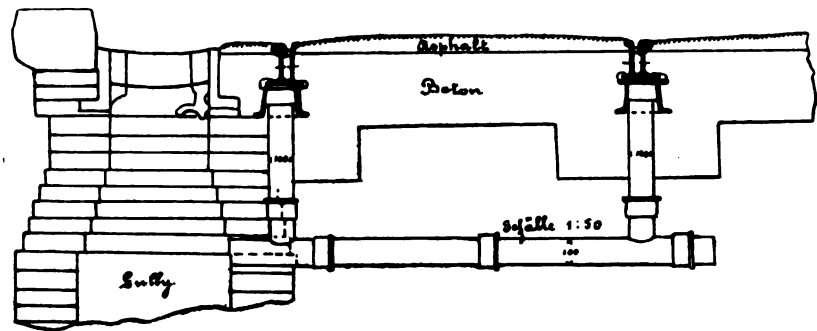


Fig. 92. — Drainage de voies à Berlin.

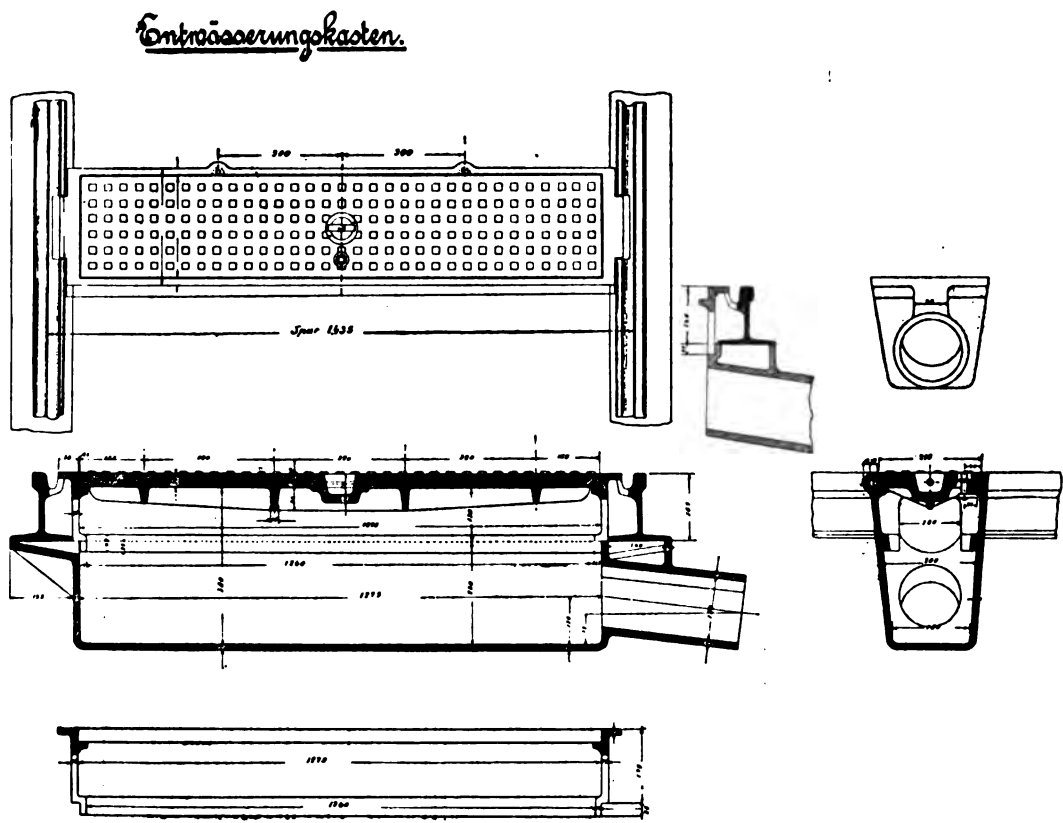


Fig. 93.

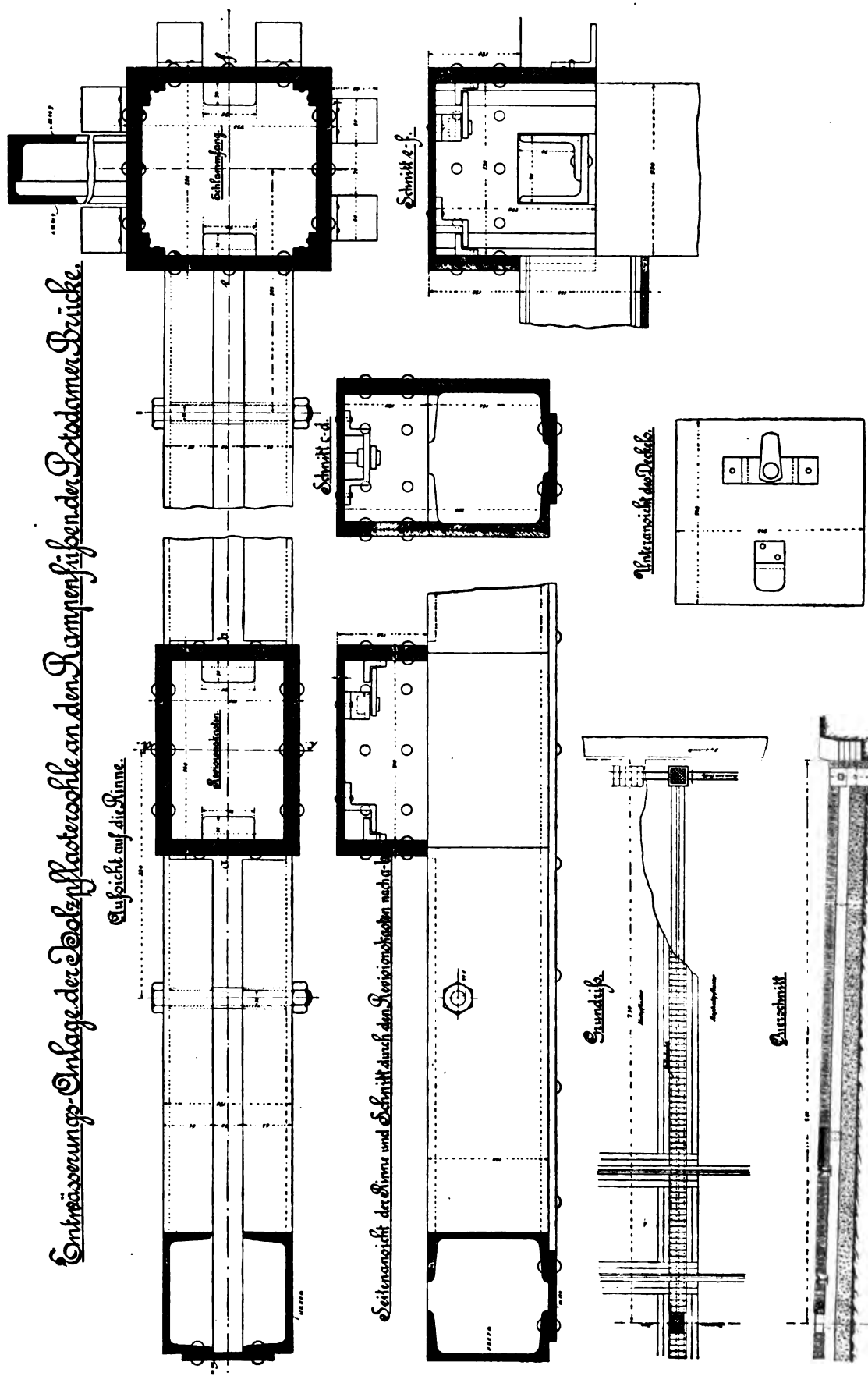


Fig. 94.



**Dépenses d'entretien.** — Nous croyons devoir laisser ouverte la question relative aux dépenses d'entretien, qui était la dernière du questionnaire adressé aux membres de l'association.

Les renseignements reçus présentent en effet une telle hétérogénéité qu'il ne nous paraît pas possible d'en tirer des conclusions quelque peu sérieuses. Pour que ce point puisse être traité avantageusement, il faudrait tout d'abord procéder à une enquête préliminaire concernant les systèmes de comptabilité, malheureusement parfois très différents, adoptés pour ces dépenses. Au reste, les dépenses de construction et d'entretien des voies sont souvent fortement influencées par les conditions locales, par les cahiers des charges et par d'autres facteurs encore qui diffèrent de réseau à réseau. La comparaison des chiffres ne présenterait donc qu'un intérêt relatif.

Quoi qu'il en soit, il y aurait grand intérêt à ce que les compagnies de tramways adoptassent pour les dépenses d'entretien des voies — comme pour tous les autres services d'ailleurs — une comptabilité aussi uniforme que possible, ce qui, tout au moins, permettrait l'obtention de valeurs moyennes, dont la connaissance serait d'une grande importance pour tous les exploitants.

**Usure ondulatoire.** — Depuis quelques années, un phénomène particulier de destruction de la table des rails se signale à l'attention des ingénieurs s'occupant spécialement du service des voies; nous voulons parler de l'usure ondulatoire des rails. Ce phénomène, qui dans ces derniers temps a pris une grande importance, n'est cependant pas d'origine récente; il avait en effet déjà été observé dans la dernière partie du siècle dernier sur certaines lignes de grands chemins de fer. Cette usure ondulatoire est devenue dans ces dernières années une véritable calamité pour les compagnies de tramways; aussi demande-t-elle à être étudiée avec le plus grand soin.

Les causes de ce phénomène sont encore aujourd'hui loin d'être connues. Nous ne chercherons pas à résoudre le problème; nous nous contenterons de reproduire dans la suite, à côté des renseignements fournis par les compagnies affiliées en réponse au questionnaire, les opinions émises par certains savants très compétents en matière de voies. Nous ferons également connaître quelques observations que nous avons pu faire dans notre réseau. A notre avis, cette question de l'usure ondulatoire des rails ne sera pas résolue de si tôt et nous estimons qu'une enquête plus approfondie s'impose pour en rechercher les causes et trouver les moyens à mettre en œuvre pour porter remède aux effets de ce phénomène.

L'usure ondulatoire des rails n'a pas été constatée dans trente-sept compagnies ayant répondu au questionnaire; vingt autres l'ont observée mais ne se prononcent pas sur ses causes. Nous résumons ci-dessous les opinions les plus caractéristiques émises dans les « Réponses au questionnaire » par les compagnies ayant observé cette usure anormale dans leur réseau.

Aix-la-Chapelle a constaté une usure ondulatoire sur les rails extérieurs de quelques courbes et estime que cette usure doit être attribuée au fait que, dans les voitures à essieux fixes, les roues produisent sur le rail extérieur l'effet d'un fraisage.

Amsterdam : L'usure ondulatoire s'observe distinctement. Si celle-ci ne peut être attribuée au conditionnement du métal après le laminage, il y aurait lieu d'admettre que l'augmentation de vitesse des roues résultant de l'augmentation du nombre de tours du moteur, — accélération qui, par suite de la présence des ressorts, ne peut être immédiatement suivie par la masse de la voiture, — provoque un certain jeu entre les différentes parties de celle-ci et augmente et diminue ainsi périodiquement la pression des roues sur le rail. Le même phénomène se produirait au freinage.

Bâle attribue l'usure ondulatoire à une assise trop élastique, à des rails mal placés, à des joints mal établis, à des défauts dans le métal du rail.

**Berlin :** Nous attribuons l'usure ondulatoire au laminage du rail : lorsque le métal du rail est déjà refroidi avant de passer dans le laminoir, ou lorsque les cannelures du laminoir sont usées, le passage des rails entre les rouleaux fait vibrer ceux-ci et le métal de la couche supérieure de la table de roulement est ainsi irrégulièrement comprimé. Cette usure ne peut pas, comme certains le prétendent, être attribuée au passage de voitures équipées de moteurs électriques, car le Métropolitain de Berlin (Stadtbahn) et d'autres grands chemins de fer à traction à vapeur présentent également une usure ondulatoire des rails.

**Bordeaux** estime que l'usure ondulatoire est occasionnée par une manque d'homogénéité du métal.

**Brunswick :** Nous attribuons surtout l'usure ondulatoire à une sorte de laminage effectué par les bandages des roues sur le rail; par le fait de ce laminage, les molécules de la table de roulement se déplacent et occasionnent ainsi des surfaces plus dures les unes que les autres; en d'autres termes, le métal du rail est en certains endroits plus comprimé qu'en d'autres. Il est cependant possible que cette usure puisse également être attribuée soit au passage du moteur sur les différents crans de vitesse, soit au freinage, car dans ces deux cas, les roues de la voiture se déplacent par un léger glissement sur le rail.

**Brême** estime que l'usure ondulatoire trouve son explication dans le fait que l'essieu moteur n'est pas commandé en son milieu.

**Breslau** ne peut pas s'expliquer l'usure ondulatoire; cette dernière s'observe en effet tant sur des sections en alignement que sur des sections en courbe, parcourues dans des conditions d'exploitation des plus différentes.

**Bruxelles :** Nous avons constaté depuis deux ans environ, en certains points du réseau, une usure du champignon du rail à forme ondulatoire. Il se produit sur la tête du champignon une série de crêtes présentant jusqu'à 1 mm. de saillie et distantes en moyenne l'une de l'autre de 6 à 7 cm. (fig. 98c). Nous ne pouvons pas déterminer d'une façon précise et affirmative la cause de cette usure anormale. Bien qu'elle soit surtout accentuée dans les parties très fatiguées du réseau, elle ne se manifeste pas dans d'autres où le service est également intense; d'autre part, elle existe en des points où il n'y a que 8 à 10 passages par heure. Nous constatons également qu'elle est plus fréquente aux rails à gorge qui avoisinent les rails Haarmann des caniveaux, alors que ces derniers rails n'accusent pas cette usure anormale. Enfin, cette usure est généralement plus accentuée au rail le plus voisin de l'extrados de la route, c'est-à-dire à celui qui reçoit le plus d'eaux pluviales. Cette usure est indépendante du freinage, car elle se produit aussi bien en rampe qu'en penté. Somme toute, nous sommes enclins à attribuer cette usure anormale à une vibration du rail sous le passage de la voiture. Cette vibration nous paraît se produire là où la nature du sol est telle que les eaux ne sont pas absorbées et que par suite, le pavage n'est pas suffisamment résistant pour emprisonner et maintenir le rail. Une vibration initiale, même légère, étant admise, les joints voisins se désagrègent et se vident par l'effet de succion provoquée par le mouvement du rail; l'eau pénétrant davantage accentue encore le désagrégement des joints: enfin, la crénelure du rail une fois réalisée, on tourne dans un cercle vicieux, car à chaque passage des voitures, la vibration se communique au pavage environnant. Nous avons tenté d'améliorer la situation par divers moyens : 1°) en plaçant les voies sur billes, de façon à mieux ancrer les rails dans le sol; 2°) en plaçant dans les voies un coffre de cendrée pour obtenir un meilleur drainage; 3°) en coulant les joints avec de l'asphalte artificiel de façon à obtenir un pavage imperméable. Ces essais sont cependant encore trop récents pour permettre d'en tirer des conclusions.

**Christiania :** Nous attribuons l'usure ondulatoire soit aux freinages fréquents et subits, soit à la fabrication des rails qui ne sont pas tous laminés semblablement et dans les mêmes conditions. Peut-être aussi que le jeu des ressorts des voitures et la

variation qui en résulte dans la charge des roues, jouent également un rôle dans ce phénomène. Nous avons remplacé les rails présentant une usure ondulatoire et les avons réemployés dans les fortes courbes où peu à peu les surfaces de roulement se réaplanissent. Nous avons aussi tenté, mais sans succès, de conserver les rails dans les alignements en enlevant l'usure au moyen d'une meule en émeri-carborandum actionnée horizontalement.

Cologne : Nous avons constaté un commencement d'usure ondulatoire, la plupart du temps dans les alignements, et là seulement où la voie est placée dans un pavage en asphalte damé (forme en béton avec ou sans coulis d'asphalte). L'usure ondulatoire se constate tant aux rails bien encastrés qu'à ceux qui ont perdu leur stabilité. La distance des ondes est très diverse; par exemple, elle sera sur un rail de 38 mm., sur d'autres de 40 à 45, de 50 à 55, voire même de 58 mm. Les plus petites ondes constatées sont de 35 mm.; les plus grandes de 58 à 60 mm. Parfois l'usure ondulatoire s'observe sur un ou plusieurs rails de suite, tandis que les suivants, sur de grandes distances, en sont complètement exempts. La plupart du temps, l'usure n'a été constatée que sur une file de rails, tandis que la file opposée en était absolument indemne. Nous présumons que le choc de la roue dentée se reportent sur les rails.

Crefeld : Nous attribuons l'usure ondulatoire aux effets combinés de la traction électrique d'un côté, du patinage et du freinage des rails de l'autre.

Dresde : Nous avons observé une usure ondulatoire des rails; cette usure s'explique pour le rail extérieur dans les courbes, par suite du mouvement de glissement de la roue sur le rail; mais dans les alignements, la cause de cette usure anormale n'est pas bien déterminée. Nous avons déjà fait à ce sujet des expériences les plus diverses et sommes arrivés à cette conviction que cette usure doit être attribuée à la structure même du métal et au procédé de laminage.

Dusseldorf : Nous avons constaté une usure ondulatoire sur une grande échelle. Nous ne savons quelle est la cause de cette usure; peut-être faut-il l'attribuer aux vibrations du laminoir pour une trop forte pression, laquelle peut, par exemple, se produire lorsque les barres sont insuffisamment échauffées.

Elberfeld : Nous supposons que l'usure ondulatoire qui s'observe en certains points de notre réseau, est due à des oscillations différentes du rail et de la voiture.

Genève : L'usure ondulatoire sous forme d'écailles a été observée quelquefois, mais plutôt rarement; elle se produit dans les courbes de faible rayon et provient selon nous de la difficulté qu'ont les voitures de franchir ces courbes, le passage s'effectuant par une succession de déplacements tangents à la courbe et de glissements perpendiculaires à cette dernière. Le boudin des roues creuse dans les parois verticales de la gorge du rail une série d'ondulations auxquelles correspondent sur la surface de roulement du rail, d'autres ondulations produites par le glissement des bandages.

Gênes : Nous attribuons l'usure ondulatoire à un manque d'uniformité dans la dureté du rail, résultant du mode de laminage.

Glasgow : Nous constatons une usure ondulatoire relativement importante. L'expérience que nous avons acquise dans notre exploitation, nous montre que cette usure anormale est due à une trop grande rigidité de la fondation des voies. Nous avons en effet remarqué que l'on pouvait enrayer cette usure naissante en soulevant légèrement les rails et en plaçant par dessous, des fourrures en bois tendre de peu d'épaisseur. Dans les courbes cependant, le cas est un peu différent; pour les courbes de grand rayon, cette usure est plus accentuée sur la voie descendante où la vitesse est grande, que sur la voie montante.

Hambourg : Nos voies présentent une usure ondulatoire importante; nous l'attribuons surtout à la dureté du métal des bandages. Dans les premiers temps (1896)

nous avons cherché à éliminer cette usure en limant la tête des rails; mais aujourd'hui nous ne faisons plus rien, parce que nous avons constaté que cette usure ondulatoire disparaissait d'elle-même peu à peu.

Hambourg-Altona attribue l'usure ondulatoire aux grandes vitesses.

Copenhague : L'usure ondulatoire se manifeste dans notre réseau sur une assez grande échelle. Nous ignorons quelle est l'origine de cette usure anormale; nous croyons qu'il faut l'attribuer à une sorte de laminage à froid de la table de roulement par les roues des voitures.

Leipzig estime qu'il faut rechercher la cause de l'usure ondulatoire dans le système de transmission du mouvement spécial aux tramways, c'est-à-dire dans les engrenages.

Lyon : Nous avons observé l'usure ondulatoire sur les voies reposant sur des supports non élastiques, telles que les voies à caniveau dont les rails reposent directement sur des chaises en fonte et aussi les anciennes voies des ponts métalliques, voies qui reposaient directement sur une forme en béton. A notre avis, il importe d'intercaler entre les rails et leurs supports, des semelles en bois, en feutre ou en plomb.

Magdebourg : Par suite du glissement des bandages dans les courbes ne présentant pas un dévers du rail extérieur, ainsi que par suite du mouvement de lacet dans les alignements, il se produit sur certains points de la table de roulement une plus grande fatigue qu'en d'autres. La vibration des rails sur un soubassement rigide peut également être une des causes de l'usure ondulatoire.

Metz : Nous avons différentes fois remarqué une usure ondulatoire de nos rails. Depuis ces derniers temps nous inclinons à penser qu'elle est produite par une rapide alternance de frottement entre parties mobiles et immobiles. Peut-être aussi la qualité du métal joue-t-elle également un rôle.

Munich estime que la cause de l'usure ondulatoire doit être recherchée dans le système de transmission par roues dentées.

Nuremberg : Nous ne sommes pas bien fixés sur les causes de l'usure ondulatoire; peut-être faut-il l'attribuer à une trop grande faiblesse du champignon ou de l'âme du rail. Il est à remarquer que cette usure se présente tout aussi bien sur les lignes à soubassement élastique que sur les lignes à soubassement rigide.

Les Tramways de Paris et du Département de la Seine et les Tramways de l'Est Parisien attribuent l'usure ondulatoire à un métal non homogène.

Stettin : A certains endroits de notre réseau et principalement dans les courbes de grand rayon — 100 m. et au delà, — nous avons remarqué une usure ondulatoire très notable, tant en palier que dans les pentes. Comme cause principale de ce phénomène, nous indiquons la mauvaise nature de notre sous-sol; cependant, il se pourrait que, d'un côté les courbes de grand rayon, dans lesquelles le mouvement de lacet des véhicules peut naturellement mieux s'accuser, de l'autre le calage absolument rigide des roues sur les essieux, contribuent pour beaucoup à cette usure anormale. Nous avons tenté de faire cesser cette usure en diminuant l'écartement de la voie et en établissant avec un soin tout particulier la forme de la voie aux points où l'usure ondulatoire s'observe; mais en fin de compte, nous n'avons pas eu d'autre ressource que de remplacer les rails usés de la sorte.

Turin attribue l'usure ondulatoire à l'action du freinage.

Zurich : Nous avons constaté une usure ondulatoire des rails. Nous avons observé environ 19 ondes par mètre pour une infrastructure en cailloux cassés et environ 24 ondes par mètre pour une infrastructure en béton. Chose curieuse, l'usure ondulatoire des rails ne se constate que sur nos rails du profil normal Phönix 18c, lesquels présentent une résistance de 70 à 80 kg., alors que nos anciennes voies, qui ne comportent que le profil Phönix 7a et sur lesquelles roulent le même nombre de

voitures, ne présentent aucune trace d'usure ondulatoire; le métal de ces derniers rails est plus tendre.

La revue allemande « *Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen* » contient tout une série d'articles des plus intéressants sur les causes de l'usure ondulatoire dans les exploitations à traction électrique (10, V, 1904; 1, IX, 1904; 1, XI, 1904; 15, XII, 1904; 1, III, 1905; 1, VI, 1905; 15, IX, 1905 et 1, X, 1905).

L'ingénieur Haarmann, directeur des usines « Georgs-Marien-Bergwerks- und Hütten Verein, à Osnabrück », qui s'est acquis une grande renommée dans toutes les questions relatives aux voies de chemins de fer et de tramways, a étudié l'usure ondulatoire dans une conférence faite à Berlin devant l'Association pour l'avancement des sciences relatives aux chemins de fer (Verein für Eisenbahnkunde). Il estime que dans les réseaux à traction électrique, la cause de l'usure ondulatoire doit presque certainement être attribuée aux particularités de la transmission du mouvement, spéciales à la traction électrique. D'après lui, il est probable que les dents des engrenages, lesquels se trouvent placés latéralement sur l'essieu moteur, ne s'épousent plus exactement; ce manque d'ajustage, qui peut s'observer parfois lors du montage des voitures ou après quelque temps de service par suite de l'usure des surfaces de contact, produit dans le système de transmission des vibrations qui, selon l'importance du degré d'élasticité à la torsion que comporte l'essieu, se traduit par une suite rapide de frottements rotatoires et longitudinaux entre la roue et le rail. D'après M. Haarmann, cette explication se trouverait justifiée par le fait que l'usure ondulatoire s'observe surtout aux endroits de la ligne où le moteur donne toute sa puissance, soit pour l'accélération, soit pour la réduction de la vitesse. Par suite de la grande hétérogénéité que l'on observe dans la disposition des organes de transmission, dans le mode de suspension des moteurs, dans le diamètre des essieux, dans la nature du métal des roues et dans les autres organes de construction faisant partie de l'équipement des voitures de tramways, il n'est pas étonnant, ajoute M. Haarmann, de constater que cette usure anormale n'est pas encore complètement expliquée. Il est possible aussi que les petites différences de diamètre de deux roues calées sur un même essieu, de même que la forme donnée à la surface de raccordement entre le bourrelet et la surface de roulement des roues, jouent un rôle important dans l'usure ondulatoire. Il n'est même pas impossible que l'une des causes de cette usure devrait être attribuée au degré de conicité donné aux surfaces de roulement des bandages.

M. von Borries répondant à M. Haarmann, relate qu'il a étudié l'usure ondulatoire sur la ligne du Chemin de fer surélevé de Berlin. Il fait remarquer que cette ligne compte deux systèmes de superstructure: sur la section Ouest, la superstructure se compose de rails légers reposant sur des traverses enfouies dans un lit de gravier; sur la section Est au contraire, les rails d'un profil plus important, sont installés sur des traverses relativement espacées l'une de l'autre et reposant directement sur la charpente métallique de la ligne.

Sur la section Ouest, l'usure ondulatoire serait peu importante sur les tronçons de démarrage; les ondes n'y présenteraient que des longueurs variant entre 80 et 150 mm. pour une flèche de 0,8 mm. Sur les tronçons moyens, l'usure serait moins importante encore; les ondes cependant présenteraient souvent des longueurs oscillant entre 400 et 500 mm.; elles iraient parfois jusque 700 mm. Sur les longs tronçons, les rails seraient complètement unis. L'usure ondulatoire serait la plus accentuée sur les parties de la ligne où s'opère le freinage; la longueur des ondes diminuerait à mesure que l'on se rapproche des points d'arrêt; de 100 à 150 mm., elle passerait à 20 mm. au point d'arrêt même.

Sur la section Est de la ligne, l'usure ondulatoire serait beaucoup plus importante: la longueur des ondes oscillerait généralement entre 60 et 120 mm.; aux stations seulement, elle serait un peu plus courte. Parfois des parties de rail variant entre 1,00 et 1,15 m. de longueur, sur lesquels se constaterait une forte usure

ondulatoire, alternaient avec d'autres parties de même longueur ne présentant aucune trace d'ondes.

Tant sur la section Est de la ligne que sur la section Ouest, la formation des ondes ne présente aucune régularité; on ne rencontre que fort rarement deux ondes voisines de même longueur; dans les stations seulement les ondes sont plus régulières.

M. von Borries conclut que l'usure ondulatoire ne peut pas être attribuée à l'action excentrique et irrégulière du moteur électrique, car, s'il en était ainsi, l'usure devrait être la plus prononcée dans les parties de la ligne où se fait le démarrage, l'action des moteurs s'y faisant en effet le plus sentir; elle devrait être moindre dans les tronçons moyens et nulle dans les tronçons où la voiture marche par sa vitesse acquise et dans les tronçons où les voitures sont freinées, les moteurs travaillant alors à vide. Elle devrait d'ailleurs donner une longueur et une profondeur d'ondes quelque peu régulières et devrait aussi présenter une certaine analogie pour les deux systèmes d'infrastructure. Or, tel n'est pas le cas; bien au contraire, les observations que l'on peut faire, sont tout à fait opposées. Il en résulte donc que la cause de l'usure ondulatoire ne peut pas être attribuée aux moteurs.

M. von Borries relate que, d'après les Tramways de Francfort, la formation des ondes se constaterait seulement sur des rails déchaussés, c'est-à-dire sur des rails présentant un certain jeu dans le plan vertical. S'appuyant sur cette observation, il attribue l'usure ondulatoire à des vibrations perpendiculaires du rail, vibrations qui seraient occasionnées par le passage des véhicules. Là où l'accélération de ces vibrations serait dirigée vers le bas, la pression de la roue serait moindre et il subsisterait une crête; au contraire, aux endroits où cette accélération serait dirigée vers le haut, la pression de la roue serait plus importante, donnant ainsi lieu à la formation d'un creux. L'amplitude des ondes correspondrait au chemin parcouru par la voiture pendant la durée d'une oscillation. M. von Borries fait ensuite remarquer qu'il est difficile d'expliquer comment il se fait que les vibrations travaillent toujours de la même façon aux mêmes endroits et en dessous de chaque roue, occasionnant ainsi à la longue une production d'ondes permanentes. La régularité dans le travail des vibrations ne pourrait s'expliquer que par une extrême uniformité de tous les facteurs entrant en jeu, notamment: mêmes vitesses en chaque point de la ligne, mêmes poids et mêmes charges des essieux, des ressorts et des caisses des voitures. Si cette uniformité n'existait pas, les vibrations varieraient d'amplitude au passage de chaque essieu ou de chaque voiture et l'usure ondulatoire ne pourrait se produire.

Sur les lignes de grands chemins de fer, ces facteurs sont par eux-mêmes si différents, qu'une répétition uniforme des vibrations est impossible; cela expliquerait pourquoi jusqu'ici l'usure ondulatoire n'a pas été observée sur les rails des grands chemins de fer. Les lignes des Tramways de Berlin sont parcourues par des voitures des types les plus différents; aussi l'usure ondulatoire ne s'y constate pas. A Francfort, au contraire, les voitures sont toutes du même type, de telle sorte que, dès que les rails sont suffisamment déchaussés pour pouvoir vibrer, l'usure ondulatoire se produit par places.

Répondant à son tour à la communication de M. von Borries, M. Haarmann fait remarquer qu'il n'a pas voulu prétendre que l'usure ondulatoire devait exclusivement être attribuée au mode d'action du moteur; il estime au contraire qu'à côté de ce mode d'action particulier du moteur, d'autres facteurs entrent en jeu. En ce qui concerne l'observation présentée par M. von Borries au sujet de l'usure ondulatoire constatée à Francfort, M. Haarmann ajoute qu'un examen plus approfondi rendrait probablement difficile une séparation bien nette entre cause et effet. Là, en effet, où se constate un forte usure ondulatoire, le passage des voitures ne tardera pas à occasionner le déchaussement des rails.

M. Cauer de Berlin attribue l'usure ondulatoire à de légers glissements des

roues actionnées ou freinées; ces glissements se produisent chaque fois que par suite des vibrations, la pression de la roue varie d'importance.

M. Scheibe de Dresde décrit l'usure ondulatoire qu'il a constatée sur des rails de grands chemins de fer et explique ce phénomène par un manque d'homogénéité dans la dureté du métal de la table de roulement; ce manque d'homogénéité serait occasionné par le laminage.

M. Schwabach de Francfort partage l'avis de M. Scheibe; il a soumis des rails présentant une usure ondulatoire à des essais de dureté par la bille et a constaté des variations dans la dureté du rail, sans pouvoir cependant en déduire la loi.

M. von Borries répond aux observations présentées en faisant remarquer que l'examen du degré de dureté des différentes parties d'un rail présentant le phénomène de l'usure ondulatoire pourrait facilement conduire à une conclusion erronée: le passage même des voitures sur les ondes déjà formées pourrait en effet produire sur le rail des degrés de dureté différents; ceux-ci seraient donc l'effet et non la cause du phénomène. Si l'on voulait donner comme cause à l'usure ondulatoire des rails le manque d'homogénéité dans la dureté de la table de roulement, on devrait évidemment examiner un rail n'ayant pas encore servi.

En Angleterre également l'usure ondulatoire a été fréquemment remarquée et différentes études ont paru à son sujet dans le *The Light Railway and Tramway Journal*. Dans son numéro du 4 décembre 1903, cette revue donne un article qui constate la grande perplexité des directeurs et des ingénieurs des tramways par suite de l'accroissement continu de ce phénomène.

Dans une assemblée de l'Association anglaise de tramways et de chemins de fer d'intérêt local, tenue à Birmingham, un orateur posa la question de savoir s'il ne faudrait pas rechercher la cause de l'usure ondulatoire dans la présence du courant électrique. Le Directeur des Tramways municipaux de Birmingham repoussa aussitôt cette supposition en faisant remarquer qu'il avait également constaté ce phénomène sur ses lignes exploitées à la vapeur et par traction funiculaire.

Le freinage fut aussi mis en avant comme cause et, à première vue, non sans fondement; cette hypothèse dut cependant être abandonnée aussi, après qu'il eût été démontré que le phénomène se remarque tout aussi souvent dans les rampes où naturellement le frein n'agit pas et dans les descentes à fort freinage.

Les investigations auxquelles on s'est livré depuis, établirent que l'usure ondulatoire se montre également dans les alignements que les voitures parcourent à une vitesse relativement grande, mais qu'elle se fait bien plus nettement remarquer dans les courbes de grand rayon. Tous ces faits indiquent qu'elle est très générale et peut se manifester sous les conditions les plus diverses.

Sir Angerer, vice-président de la William Wharton, Junr. Incorporated C<sup>o</sup> à Philadelphie, relate qu'il a constaté très souvent et sous les conditions les plus diverses, cette forme d'usure du champignon du rail. Il remarqua ce curieux phénomène sur les lignes surélevées et sur celles courant au niveau du sol; dans les voies sur traverses en bois et dans celles établies sur traverses en fonte avec assise en béton; dans les alignements et dans les courbes; mais, chose singulière, il ne l'a jamais rencontré sur les grandes lignes de chemin de fer exploitées à la vapeur. Il rapporte qu'un rail présentant l'usure ondulatoire, fut l'objet d'investigations très approfondies: cette barre fut rompue en plusieurs endroits afin de pouvoir en étudier la structure et le grain du métal à la cassure; on ne constata ni aux crêtes ni aux creux causés par l'usure ondulatoire, ni aux autres parties du rail aucune altération marquante capable de pouvoir être considérée comme preuve d'une différence de structure dans le métal. L'étude de morceaux prélevés dans les creux et dans les crêtes, ainsi que les forages et les rabotages pratiqués sur le rail, montrèrent une texture très uniforme et une composition homogène du métal. Sir Angerer en conclut que cette usure est due à des vibrations verticales qui mettent les roues en contact

plus intense avec le rail à des intervalles déterminés, c'est-à-dire que le rail, comme la corde d'un violon, lorsqu'on la touche en un endroit donné, se met à vibrer sur toute son étendue en produisant des ondes d'une longueur déterminée. Il appuie sa manière de voir d'abord sur la régularité apparente des creux, puis sur le fait que l'usure ondulatoire se présente toujours dans les cas de fort espacement des appuis du rail ou encore lorsque les traverses, se trouvant à distance normale, sont mal installées ou affaissées, occasionnant ainsi aux rails de longues portées franches entre deux points d'appui consécutifs; il se fonde également sur la circonstance que, pour les voies noyées en pavage, l'on a pu relever sur les parties latérales de la barre atteinte, des traces montrant que les rails ne présentaient plus un encastrement parfait et que des mouvements verticaux s'étaient produits. Il fait remarquer en outre que l'usure ondulatoire commence la plupart du temps aux joints ou tout près de ceux-ci; il en déduit que la légère pression exercée par la roue, en franchissant l'interstice entre les barres, donne au rail insuffisamment encasté un choc qui détermine des vibrations. La formation des creux s'arrête généralement à plusieurs barres et même à une seule barre, car, comme pour la corde d'un violon, le rail reprend la position de repos après un certain nombre de vibrations, avant que la voiture ait franchi toute la longueur déchaussée ou franche du rail; les vibrations recommencent au moment où la voiture suivante passera à son tour sur le joint. Comme le choc qui se produit au joint est toujours uniforme, la longueur et le nombre des vibrations resteront les mêmes à chaque passage de voiture. Cette répétition occasionnera à la longue la forme d'usure particulière qui nous occupe. Sir Angerer a également observé que l'usure ondulatoire est plus fréquente lorsque les voies sont établies sur traverses rigides assises sur béton, c'est-à-dire sur une forme d'infrastructure dans laquelle n'intervient pas le rôle élastique qu'offrent les traverses en bois et qui met obstacle à la propagation des ondes.

Dans tous les cas, il a trouvé, ou bien que l'espacement des traverses était trop grand, ou bien que le rail ne se trouvait pas convenablement assis sur l'une ou l'autre d'entre elles.

Dans les lignes de chemins de fer surélevés, il attribue l'usure ondulatoire aux vibrations de toute la charpente métallique.

La longueur des vibrations paraît très variable. Sur les lignes établies au niveau du sol, il a trouvé que la longueur des creux est, en moyenne, de 3 pouces (76 mm.); sur les lignes de chemins de fer surélevés, cette longueur est la plupart du temps bien plus grande, environ 18 pouces (457 mm.).

Déjà en 1878, M. Dudley, dans une conférence à l'American Institute of Mining Engineers donna pour les causes de l'usure des rails, une explication théorique qui offre quelque connexité avec la question ici étudiée. Parlant de l'usure différente des rails laminés en métal dur ou tendre, il dit notamment: il est impossible d'obtenir deux surfaces absolument lisses. Dans le cas le plus favorable, les surfaces les plus rigoureusement lissées se composeront toujours d'une suite de crêtes et de creux, de très petites dimensions, si infinitésimalement petites même qu'elles ne pourront être mesurées. La table de roulement du rail, comme aussi d'ailleurs la surface du bandage de la roue se composent donc d'aspérités et d'évidements qui s'épousent plus ou moins quand ces deux surfaces entrent en contact. C'est cet engrènement qui provoque le frottement; ce genre de frottement s'appelle le frottement roulant. La roue qui se meut sur le rail peut donc être comparée à un pignon qui s'engrène sur une crémaillère par des dents infinitésimalement petites, mais avec la différence cependant qu'ici manque la régularité dans la division et dans la forme des dents. L'usure du métal résulterait du bris et de l'arrachement des dents infinitésimalement petites sous l'effort qui les attaque. M. Dudley recommande instamment l'emploi de rails en métal tendre. Dans une conférence donnée en 1880, il produisit une statistique dont il résulte que les rails et les bandages de locomotives en métal tendre



s'usaient réciproquement moins rapidement et présentaient en conséquence une durée de service plus longue que les bandages et les rails en métal dur.

M. E. Kilburn Scott croit devoir attribuer l'usure ondulatoire au mode de laminage de certains rails et propose de substituer dans les aciéries, la commande électrique à celle, trop lente à son avis, par machines à vapeur.

M. I. A. Panton, du Chemin de fer surélevé et des Tramways de Liverpool, fait ressortir que l'usure ondulatoire ne se remarque pas sur les lignes à traction animale ou exploitées à la vapeur, mais est par contre très commune sur les chemins de fer et les tramways électriques. Il ne connaît qu'une ligne électrique où, pendant 9 ou 10 années d'exploitation consécutives, aucun cas d'usure ondulatoire ne s'est produit. Il est à remarquer que, pendant cette période d'exploitation, les induits étaient montés directement sur l'essieu moteur, ce qui donnait une répartition uniforme des efforts, analogue à celle des lignes exploitées par traction à vapeur. Dans les tramways et chemins de fer électriques aujourd'hui en usage, la commande de l'essieu moteur se fait toujours par un engrenage qui n'imprime tout l'effort qu'à une extrémité de cet essieu, dispositif d'où naissent immédiatement une série de difficultés, lesquelles, en se traduisant par une usure ondulatoire, nécessitent le remplacement du rail déjà après 2 à 3 années de service. M. Panton croit devoir conclure de l'examen des rails de tramways atteints de l'usure ondulatoire que celle-ci se produit quand les moteurs sont mis en parallèle ou lorsque l'on applique à l'essieu toute la puissance du moteur, qu'il s'agisse d'alignements ou de courbes. Il est évident que l'usure ondulatoire se déclarera d'abord dans les courbes. L'auteur prétend même qu'elle se produirait également dans les courbes à grand rayon d'un tramway ordinaire à traction animale, si les vitesses actuellement en usage sur les tramways électriques y étaient pratiquées et si la surface de roulement était laissée plane ou creuse, comme tel est souvent le cas.

A la suite d'un examen approfondi, M. Panton arrive à formuler l'opinion suivante: dès que la puissance entière du moteur agit sur l'essieu, ce dernier s'écarte de la direction du mouvement et ne reste pas perpendiculaire à l'axe de la voie et dans certains cas même, dit-il, le train de roues finit par se caler dans une direction oblique par rapport à l'axe du mouvement et forme donc angle avec celui-ci. La conicité donnée aux deux essieux des voitures étant toujours opposée, il en résulte une poussée latérale, par l'effet de laquelle les mentonnets des roues d'avant s'usent sur leur face externe et ceux des roues d'arrière sur leur face interne. M. Panton donne des croquis de bandages usés et d'un essieu endommagé et invoque, à l'appui de sa thèse, l'usure relevée sur ces bandages et les petites fêlures que présente l'essieu étudié.

Pour porter remède aux inconvénients qu'il signale, il a construit un dispositif de transmission donnant une double attaque de l'essieu, de façon à répartir uniformément sur celui-ci la totalité de l'effort; il a ainsi pu supprimer, même dans les cas où les plaques de garde et les boîtes de graissage présentent une forte usure, l'obliquité des roues et essieux par rapport à l'axe du mouvement ainsi que par rapport à l'axe de la voie. A son avis, un des avantages les plus marquants de la commande bilatérale de l'essieu moteur serait une marche plus douce et plus régulière encore que celle des locomotives aujourd'hui en usage, en ce sens que ces dernières ont toujours un point mort à vaincre, tandis que dans les commandes doubles, la transmission de l'effort s'opère constamment par un engrenage simultané de plusieurs dents. En attendant que ce système de commande bilatérale soit introduit d'une façon courante, l'auteur recommande de prêter une attention toute particulière aux glissières des plaques de garde, aux boîtes de graissage et au bon tournage des roues; il préconise également de mettre hors circuit les moteurs pour le passage des courbes afin de permettre à l'essieu de s'inscrire librement et franchement sans être gêné dans ses mouvements. L'auteur propose également de donner une plus grande conicité aux bandages des roues en raison des plus grandes vitesses aujourd'hui adoptées.

Dans une réunion de l'Iron and Steel Institute à Sheffield, M. Thomas Andrews a fait au sujet de l'usure des rails en acier sur les ponts, une conférence qui en plusieurs points et par différentes déclarations du conférencier, touche à la question ici étudiée des causes de l'usure ondulatoire des rails de tramways. Ces considérations visent plus particulièrement la nature du métal, et l'auteur appelle tout spécialement l'attention sur la composition chimique et les propriétés physiques de celui-ci. Cette étude, trop longue pour être reproduite ici, se résume en la conclusion suivante : l'auteur est convaincu qu'il faut, sur les ponts, donner la préférence aux rails à large patin sur longrines, qu'il y a lieu d'adopter des blocs plus grands et de prescrire une composition chimique et des essais physiques permettant d'obtenir la garantie d'une structure microcristalline d'une composition chimique et de propriétés physiques uniformes. De plus, dans les tunnels comme sur les ponts, les rails devraient recevoir deux ou trois bonnes couches de peinture.

M. Robert S. Ball junior rejette l'idée que l'usure ondulatoire puisse être la conséquence de vibrations élastiques ; d'après lui, elle serait due à l'action de deux roues de diamètres faiblement différents, calées rigidement sur un même essieu, lequel doit forcément leur donner la même vitesse. Il est inévitable que sur des rails ordonnés parallèlement, une de ces roues doit glisser au lieu de rouler. Si cet essieu est bien établi à angle droit avec les plans que forme chacune de ces roues à diamètres différents, le mouvement en avant de l'ensemble serait accompagné d'un mouvement latéral si l'une des roues ne glissait pas. Ces glissements se reproduiront aussi longtemps que la voiture roulera, et à des intervalles uniformes absolument indépendants de la vitesse de la voiture. Le rail est ainsi usé à des intervalles réguliers, l'espacement des creux dépendant de la différence des diamètres des roues et du jeu des boudins des bandages dans l'ornièrre du rail. Si ce jeu est faible, l'effet sera pareil à celui d'un outil de tour qui, en enlevant un copeau trop gros, ébranlerait toute la pièce à travailler et donnerait une coupure dentelée comme une lame de scie.

M. Alan H. Banister, Ingénieur et Directeur de la Horwich Electric Tramways Company, croit que M. G. A. Panton s'est fondé sur une documentation erronée pour formuler ses conclusions. M. Panton, dit-il, affirme que l'usure ondulatoire est inconnue sur les lignes à traction à vapeur. C'est là, fait-il remarquer, une erreur manifeste, car l'usure ondulatoire est loin d'être rare sur les lignes à vapeur, notamment en Amérique. La lecture de l'article de M. H. L. Wilkonson sur les Chemins de fer de l'Etat du Bengale, paru dans l'*Engineer* du 2 décembre 1904, p. 538, aurait également permis à M. Panton de se convaincre que le phénomène n'est pas rare non plus sur les railways de l'Inde. M. Banister réfute également l'opinion que l'usure ondulatoire ne se présenterait que dans les courbes, qu'elle serait favorisée par des différences dans les diamètres des roues, ou qu'il en faudrait rechercher la cause, comme l'avance M. Panton, dans l'action des types actuels de commande de l'essieu moteur ; l'auteur fait remarquer à ce propos que cette usure anormale se remarque également sur les funiculaires où ne se présente pas la particularité de la transmission électrique des tramways. M. Banister déclare que ses études l'ont convaincu que M. Wilkonson, l'auteur de l'article précité, est sur la bonne voie dans la recherche des causes véritables de l'usure ondulatoire. Le phénomène des rails sonores, qui ne serait autre que l'usure ondulatoire, serait dû à une dureté extraordinaire de l'acier employé ; il en résulterait une vibration intensive et inutile du rail sous l'effet de la charge roulante. Cette vibration amènerait sur la table de roulement du rail une série de nœuds plus ou moins longs, sur lesquels les roues prennent appui en roulant, sans toucher les autres points de la surface de roulement qui sont alors enlevés par la rouille. Ces nœuds forment avec le temps une suite de crêtes sur lesquels une usure notable ne se manifesterait pas, étant donnée l'extrême dureté du métal. M. Banister en conclut que cette dureté excessive est à considérer comme cause principale de l'usure ondulatoire.

Il serait trop long de reproduire ici tous les autres articles et avis des ingénieurs anglais qui ont paru sur la matière et les indications qui précèdent constituent déjà un aperçu général suffisant. Nous nous contenterons, pour terminer cet aperçu général de l'état de la question en Angleterre, de reproduire en annexe *b*) au présent rapport, un article de M. F. T. Aman au sujet de l'étude microscopique de l'usure ondulatoire des rails.

Aux réponses fournies par les compagnies affiliées à l'Union internationale et aux articles publiés par les revues techniques allemandes et anglaises sur la question des causes de l'usure ondulatoire, nous ajouterons quelques observations personnelles que nous illustrerons de quelque reproductions photographiques explicatives.

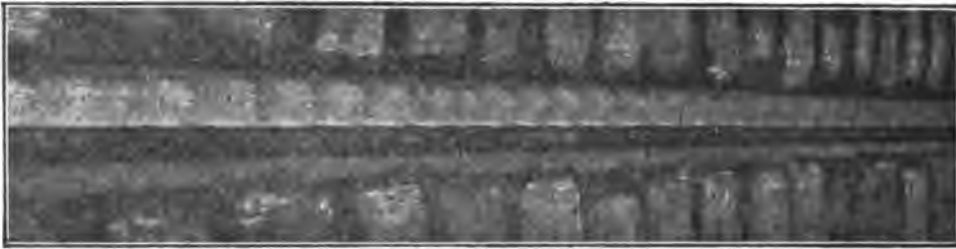


Fig. 95.

Nous ne pouvons tout d'abord nous rallier à l'opinion de M. le professeur von Borries que l'usure ondulatoire ne se présenterait que sur des lignes parcourues par des voitures d'un type uniforme. En effet, les Tramways de Berlin, qui ont en circulation les types de voitures les plus divers, ont constaté sur leurs voies une usure ondulatoire très importante, comme le montrent les photographies ci-jointes. L'usure ondulatoire se remarque indifféremment et avec une importance égale dans les alignements et dans les courbes, sur les rampes et sur les descentes; sur les voies à plateforme en gravier, en pierraille ou en béton, dans les voies publiques pavées ou asphaltées, sur les sections parcourues à grande ou à faible vitesse et enfin quelle que

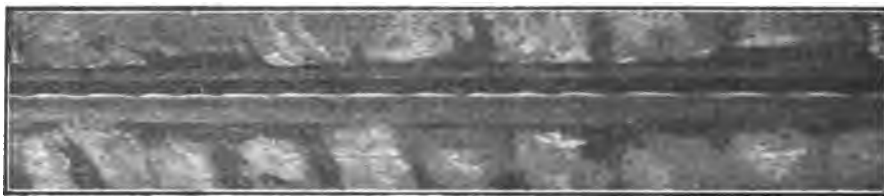


Fig. 96.

soit l'intensité du trafic; le phénomène ne se présente cependant qu'aux endroits où les accélérations ou les freinage brusques sont d'usage courant. En outre, il se remarque également dans les courbes à grand rayon.

La fig. 95 montre l'usure ondulatoire d'un rail à ornière noyé en pavage ordinaire (Profil Phönix 14 f). Sur la voie dont il s'agit, passent quotidiennement 646 voitures (dont 516 à boggies et 130 à deux essieux); la vitesse de marche de 20 kilomètres y est habituellement portée au maximum de 25 kilomètres à l'heure. La table de roulement du rail ici reproduite, accuse une usure ondulatoire si accentuée, que le passage des voitures ébranle les voies au point de les déchausser complètement. D'autres rails de la même section de ligne, mais sur lesquels l'usure ondulatoire n'avait pas encore fait autant de progrès, restaient au contraire parfaitement encastrés; il en résulte que l'usure ondulatoire n'est pas la conséquence de rails déchaussés, mais qu'au contraire le déchaussement des rails est souvent une consé-

quence des trépidations engendrées par l'usure ondulatoire, comme l'a d'ailleurs avancé, — à titre de simple supposition, il est vrai, — M. Haarmann dans la réponse que j'ai mentionnée plus haut.

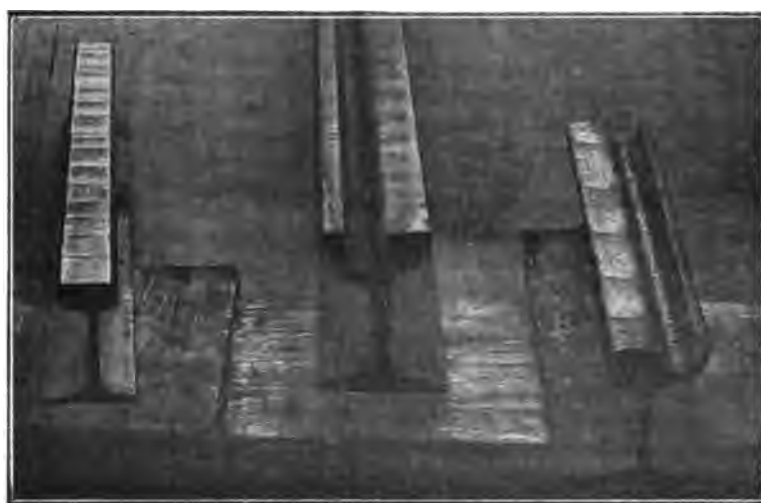
La fig. 96 reproduit le phénomène remarqué sur la table de roulement d'un rail également noyé en pavage (profil Phönix 14 f), appartenant à une ligne parcourue chaque jour par 576 voitures (dont 364 à boggies et 212 à deux essieux); la vitesse sur cette ligne varie entre 16 et 20 kilomètres à l'heure. Si, dans la fig. 95 les crêtes sont perpendiculaires à l'axe de la voie, nous les voyons ici ordonnés obliquement, chose qui se remarque aussi sur le rail des Tramways Bruxellois, reproduit dans la



Fig. 97.

figure 98 c. Comme le rail provient d'une section de voie en alignement, il pourrait y avoir ici concomitance de mouvement de glissement et de fort lacet.

La fig. 97 reproduit le phénomène observé sur un rail Haarmann noyé en asphalt, et provenant d'une voie parcourue chaque jour par 388 voitures à 2 essieux à la vitesse de 25 kilomètres et se succédant à des intervalles de 1 à 3 1/2 minutes. Ici aussi, les crêtes obliquent légèrement. Le mouvement de lacet est évidemment très accusé sur cette ligne par suite de la grande vitesse des voitures. Sur cette section, l'usure ondulatoire se remarque tantôt sur une longue file de rails, tantôt sur



a

b

c

Fig. 98 a-c.

une faible étendue d'un seul rail, particularité observée d'ailleurs également dans d'autres réseaux pour toutes les catégories de profils et dans n'importe quel système de pavage.

Les figures 98 a, b, c, montrent l'usure ondulatoire constatée aux rails de différentes lignes électriques; le rail 98 a provient des voies de la station Wittenberg-Platz du Chemin de fer souterrain de Berlin; les creux y sont de longueur absolument irrégulière et ce phénomène contredit donc l'opinion souvent exprimée que, la plupart du temps, la longueur des creux doit être uniforme, attendu que le rail est mis en vibration d'une manière uniforme.

La fig. 98 *b* reproduit un rail retiré d'une voie noyée en asphalte de la Grande Compagnie des Tramways de Berlin. L'usure ondulatoire y présente cette particularité que les creux sont forts courts et ne se reproduisent pas sur toute la longueur du rail.

La fig. 98 *c* représente, comme nous l'avons déjà dit, l'usure ondulatoire observée sur une des lignes des Tramways Bruxellois.

Les figures 99 à 104 donnent les usures ondulatoires se manifestent avec une importance considérable sur le Chemin de fer surélevé et sur le Chemin de fer souterrain de Berlin, dont l'exploitation se fait à l'électricité. Ces photographies ont



Fig. 99.

été prises en juin et juillet 1906. Ce qui doit fixer ici notre attention, c'est l'inégalité de la longueur des creux, qui varie de 15 à 800 mm., ainsi que la profondeur de ceux-ci (0,3 à 3,5 mm.). Ces rails ont été mis en service en février 1902; leur résistance à la traction est de 60 kgs; celle des bandages est de 70 kgs.

La fig. 105 reproduit l'usure ondulatoire remarquée sur le Chemin de fer métropolitain de Berlin, dont l'exploitation est à vapeur; sur cette ligne, nous avons constaté cette usure anormale, surtout sur les parcours de freinage, dans les gares et aux abords de celles-ci, et aussi en pleine ligne. Ici encore les longueurs des creux varient considérablement pour un même rail.

Lors de la réception d'un lot de rails à la Sächsishe Gussstahlfabrik à Döhlen près Dresde, nous fûmes frappés d'y remarquer une usure ondulatoire nettement caractérisée sur tous les rails de glissement servant à la manutention des rails laminés, lesquels sont tirés à la main d'une machine à l'autre et jusqu'aux endroits de chargement. L'ingénieur en chef de ces établissements, M. Binner, nous a communiqué que cette usure ondulatoire se constatait sur tous les rails de glissement, que ceux-ci soient constitués par des fers plats ou des fers profilés. Elle est particulièrement accusée sur les rails de glissement sur lesquels reposent, encore chauds, les rails provenant du laminage; ces rails de glissement ont un peu plus de six ans de pose. Il est présumable que cette dernière particularité résulte de ce que ces derniers rails sont fixés sur une assise en maçonnerie et que les rails nouvellement laminés y sont traînés à plat. Comme tout le poids des rails laminés ne repose alors que sur deux arêtes, la pression exercée sur les surfaces d'appui devient relativement considérable.

L'usure est la plus forte sur les rails de glissement qui sont les plus proches du transporteur à rouleaux, au sortir duquel les barres sont traînées encore chauffées au rouge sur le refroidisseur, en passant par dessus des rails plats courbés. Au fur et à



Fig. 100.

mesure que l'on s'éloigne du transporteur à rouleaux, la fréquence de l'usure ondulatoire diminue ainsi que la profondeur des creux. Les rails de glissement sont placés parallèlement et espacés de 1,5 mètre; les files sont établies avec le chevauchement indiqué dans la fig. 106. Au passage d'un rail à l'autre, l'usure ondulatoire est plus accentuée au commencement du rail suivant qu'à l'extrémité du rail précédent. Les barres venant du laminoir se refroidissent au fur et à mesure que croît leur éloignement du transporteur; ils sont ensuite poussés par dessus un rail Vignole courbé de plus petit profil vers le transporteur du parachèvement.



Fig. 101.

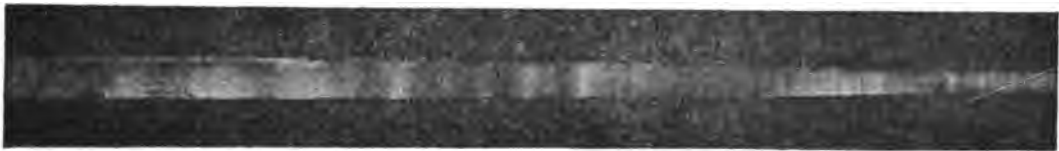


Fig. 102.



Fig. 103.



Fig. 104.



Fig. 105.

A notre demande, la Sächsische Gussstahlfabrik de Döhlen fit faire des photographies qu'elle a bien voulu mettre à notre disposition. La figure 107 représente les 5 rails d'une file ainsi que le rail plat de celle-ci; ces rails sont reproduits exactement dans l'ordre dans lequel ils sont disposés dans les ateliers. Cette photographie permet de bien se rendre compte des ondulations, très courtes sur les rails de service et assez longues sur le rail plat. La figure 108 reproduit trois autres premiers rails appartenant à des files différentes. Elle montre des creux très caractéristiques perpendiculaires ou obliques. Ici encore se remarque leur longueur différente. La

figure 109 donne une vue du petit rail Vignole d'amenage au transporteur du parachèvement; ce rail ne repose que sur ses extrémités. La distance des creux qu'il présente, est très variable et beaucoup plus grande que sur les rails encastrés du refroidisseur, de sorte qu'il est bien permis de présumer que l'usure ondulatoire pourrait être attribuée aux vibrations plus longues et irrégulières de ce rail

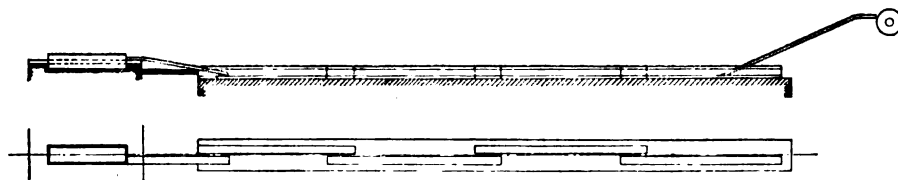


Fig. 106.

dépourvu de points d'appui et au mouvement de glissement des rails passant par dessus sous forte pression, ainsi qu'à l'inégalité de dureté du métal.

La figure 110 enfin est une photographie du rail plat déjà mentionné plus haut et qui permet de bien reconnaître les ondulations.

Nous partageons l'avis de la Gussstahlfabrik de Döhlen, à savoir que l'usure ondulatoire s'explique, dans ce cas, par les vibrations des barres laminées qui, au



Fig. 107.

cours de leur mouvement de glissement, évident la surface des rails porteurs. Au moment où les barres laminées quittent le transporteur, ils vibrent plus fort, parce qu'ils sont traînés par dessus le rail plat élastique. C'est pour cela que l'usure ondulatoire la plus forte se remarque sur les premiers rails (figures 107 et 108). Il est également visible que les vibrations sont plus fortes au moment où les barres traînées quittent un rail pour passer sur le suivant. Les ondulations du rail plat (figure



Fig. 108.

110) sont fortement espacées, parce que ce rail est en partie libre et peut donc suivre les mouvements.

Précisément l'usure ondulatoire remarquée dans les établissements de Döhlen donne de la consistance à la supposition qu'elle est un phénomène concomitant à tout glissement, dès qu'une vibration se produit dans la pièce de glissement ou dans la pièce glissée. Il n'y a pas de doute que le conditionnement et surtout le manque d'homogénéité dans la structure du métal sont des conditions préalables du phénomène.

Nous ajouterons que l'usure ondulatoire doit être attribuée en partie aussi aux opérations du laminage. Il arrive parfois que, par une cause quelconque, un rail est déjà assez froid au moment où il passe les derniers cannelures et qu'il exige donc un effort plus grand que le rail chaud pour passer entre les cylindres. Il s'ensuit une vibration nettement perceptible pendant le passage au laminoir; l'action sur la barre n'est ainsi plus uniforme, mais varie à de courts intervalles; il en résulte une compression tantôt plus forte, tantôt plus faible sur le métal. Il est permis de croire que dans les dernières cannelures, cette pression ne se fait plus sentir que sur une faible profondeur. De la sorte, on pourrait aussi expliquer l'observation souvent faite que l'usure ondulatoire remarquée sur certains rails disparaît après un certain temps de service. A Berlin également, nous avons pu constater des cas fréquents de cette disparition de l'usure ondulatoire.



Fig. 109.

Il n'est pas vraisemblable non plus que la cause de l'usure ondulatoire soit à rechercher dans le fait que les phénomènes plus haut décrits, se produisent aussi quand les cylindres des laminoirs sont fortement usés et ne comportent plus une surface cylindrique normale.



Fig. 110.

Il ne faut pas non plus repousser sans examen l'opinion que l'apparition de l'usure ondulatoire des rails a coïncidé avec l'introduction d'une dureté plus grande dans les bandages des roues. Précisément la différence de dureté entre ceux-ci et les rails peut être une cause concurrente de l'usure ondulatoire, parce que la pénétration élastique de la roue plus dure dans le rail moins dur, sera évidemment plus grande que si ces deux corps étaient de dureté égale. Tous les cas d'usure ondulatoire que nous avons décrits ci-dessus et dont nous avons reproduit les photographies, se sont produits en effet sur des lignes où circulent des automoteurs ou des voitures dont les bandages sont plus durs que les rails. Il est possible que le bandage beaucoup plus dur chasse devant lui des molécules de la table de roulement du rail, jusqu'à ce que, par déplacement, le métal du rail se soit densifié suffisamment pour rétablir en quelque sorte l'équilibre entre rail et bandage. La roue sautera ensuite ce renflement pour aller creuser de nouveau le rail plus loin.

Si l'on voulait continuer à établir les autres causes de l'usure ondulatoire, on serait infailliblement conduit à les chercher dans les freinages intensifs et brusques aux points d'arrêt ou en pleine ligne devant quelque obstacle imprévu, ainsi que dans les démarrages trop rapides donnés aux voitures pour rattraper un temps perdu. L'usure ondulatoire ne pourra jamais se produire si la mise en circuit se fait de telle façon que la roue puisse rouler sans glisser, et si le freinage s'exerce en harmonie avec la diminution progressive de la force qui agit sur l'essieu, car cette usure anormale est simplement la conséquence du glissement des roues. Sur les tramways à traction animale, l'usure ondulatoire ne pouvait se produire parce qu'ici les voitures étant tirées, elles ne faisaient que rouler sans glisser jamais; d'un autre côté, l'action du frein manœuvré à la main était beaucoup trop faible pour qu'un glissement pût se produire. Si cependant sur les funiculaires, l'usure ondulatoire a été parfois remarquée, il faut y voir seulement les suites du freinage des lourds véhicules de ces lignes. Pour les raisons déjà dites, l'usure ondulatoire ne sera certes pas fréquente sur les tramways qui ne se servent que du frein à main.

Il serait très désirable que ce point en particulier fût l'objet d'observations spéciales. Il est évident que dans les premiers temps de l'électrification des tramways les autorités de surveillance et d'autres éléments encore parmi lesquels il conviendrait de compter les progrès de l'industrie mécanique, ont tendu, avec un zèle peut-



être inconsideré, à l'introduction immédiate de freins mécaniques à action rapide, alors que ceux-ci dans leurs formes actuelles — comme cela paraît établi — ne sont pas toujours désirables parce qu'ils se comportent comme un agent de destruction sur les rails et sont la cause de pertes d'énergie. L'heure semble donc venue d'examiner s'il y a lieu, et le cas échéant, comment il conviendrait de limiter l'emploi des freins mécaniques et d'en revenir au frein à main dont la puissance pourrait être augmentée. Cette dernière manière de faire est d'ailleurs déjà suivie sur une grande échelle en Amérique.

Au point de vue de la vitesse également, il est à remarquer que toutes les compagnies s'efforcent à l'augmenter. L'usure ondulatoire constitue peut-être le revers de la médaille de cette tendance. En effet, ces grandes vitesses nécessitent d'une part de fréquentes et brusques mises hors circuit en pleine marche, manœuvre évidemment contraire à la bonne économie du service et qui ruine le matériel; d'autre part, elle requiert un emploi extraordinairement fréquent des freins mécaniques d'une action puissante; il y aurait donc opportunité à prendre des mesures pour que les waltmen fussent mieux instruits qu'ils ne le sont généralement aujourd'hui dans la manipulation rationnelle des appareils qui leur sont confiés.

Il est indispensable, d'un autre côté, que les ingénieurs du service de la voie et du service de la traction travaillent de concert et qu'entre eux s'établisse une entente parfaite dont l'entreprise tout entière tirera le meilleur fruit.

La lutte contre l'usure ondulatoire est chose tellement importante que toutes les compagnies doivent prendre à cœur l'étude approfondie de cette question pour que des mesures préventives et efficaces soient enfin trouvées; aussi est-il de notre devoir de saluer l'initiative qu'a prise l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local en se chargeant de la mission de trouver une solution définitive pour cette importante question.

A. BUSSE.

Berlin, septembre 1906.

---

## ANNEXE A

---

### **Cahier des charges spécial pour la fourniture du matériel de superstructure pour les Tramways municipaux de la Ville de Francfort-sur-Mein**

§ 1. Métal. — Les rails seront fabriqués en acier Siemens-Martin de premier choix et exempt de tout défaut. Les éclisses et entretoises seront en fer de fusion Siemens-Martin et les boulons, soit en fer malléable fibreux, soit en fer de fusion Siemens-Martin.

Le choix du mode de fabrication est laissé à l'entrepreneur.

Le métal des rails achevés sera vérifié au point de vue de sa résistance et de sa ténacité, conformément aux dispositions du § 6. La résistance est contrôlée par des épreuves à la traction, et la ténacité par des épreuves au choc.

L'entrepreneur garantit une résistance à la traction de 70 kilog. minimum par millimètre carré de la section primitive de l'éprouvette essayée. (§ 6.)

Dans les épreuves au choc, les rails devront pouvoir subir l'épreuve suivante : des coupons de rails reposant par leur patin sur des appuis espacés d'un mètre, devront se laisser courber par des coups de bélier donnés dans une direction uniforme sur le champignon, jusqu'à ce qu'une flexion de 110 mm. soit atteinte sans que le coupon ne se rompe, ni ne présente d'autres défauts.

§ 2. Fabrication des rails. — Les rails seront fabriqués de lingots compacts, denses, parfaitement homogènes et exempts de tout défaut.

Après le laminage, le refroidissement brusque et surtout inégal devra être évité.

Pour aucun motif, les rails ne pourront, après leur refroidissement, être à nouveau exposés à l'action du feu.

Immédiatement après le laminage et aussi longtemps qu'ils seront encore chauds, il faudra les dresser parfaitement droits dans tous les sens. S'ils se déjetent en se refroidissant, il est permis de les dresser à froid modérément sur la presse par une pression exercée sans à-coups et ne laissant aucune empreinte de la presse, ni des points d'appui sur le rail. De plus, lors de ce dressage à la presse, la pression ne pourra jamais être exercée sur les bords du patin du rail. Les rails dressés ne devront présenter aucun écrasement de leur action normale ni aucun déjettement.

Ils devront être laminés parfaitement plats sur toute leur longueur et ne présenter ni exfoliations, ni gerçures, ni œils, ni autres défauts.

Il est défendu de mastiquer ou de fermer par battage au marteau les gerçures ou de masquer des défauts par tout travail de ce genre, fait soit sur le rail froid, soit sur le rail encore chaud.

Il ne sera permis d'enlever au ciseau les bavures et écailles du laminage que pour autant qu'elles ne dépasseront pas 1 mm. d'épaisseur et que ce travail ne devra pas se faire aux abouts du rail, ni aux parties arrondies du haut du champignon.

Les travaux à faire aux abouts du rail ne pourront être exécutés qu'au moyen de scies circulaires ou de fraiseuses. La surface des fronts d'about doit concorder absolument avec le dessin coté remis au fabricant et leur plan doit être exactement perpendiculaire à l'axe longitudinal du rail. Il est strictement défendu de rendre planes les fronts d'about par un martelage.

Le patin du rail devra pouvoir reposer dans toute son étendue sur une surface bien plane.

Les rails devront comporter à chaque about, exactement d'après les indications du dessin précité, les trous pour les boulons d'éclisse; ces trous seront établis à la foreuse, ainsi que les trous pour les connexions électriques. La tolérance dans les dimensions des trous, leur espacement et leur distance du bout du rail ne pourra dépasser 1 mm. par rapport aux côtes du plan. Les bavures qui se produisent lors du sciage, du fraisage ou du forage seront soigneusement enlevées.

Les tables de roulement des aiguilles et des cœurs seront parfaitement lisses et nettes, notamment à leurs extrémités. Après un examen soigneux de toutes leurs parties, les aiguilles seront montées dans les ateliers du fabricant. Les différentes pièces de ces aiguilles seront ensuite convenablement marquées à la couleur à l'huile et pourvues du numéro d'ordre de l'aiguille.

Le cintrage des rails pour les courbes se fera d'après des patrons. L'entrepreneur recevra le livret contenant l'indication des courbes, d'après lequel il dressera les plans de répartition des rails et, dans le délai maximum de 3 semaines à compter de la réception du dit livret, il transmettra à l'Administration de la Ville, en trois exemplaires, ce plan de répartition.

L'entrepreneur est responsable de l'exactitude de la répartition des rails. Il établira par calcul la moindre longueur à donner aux rails intérieurs des courbes, de façon à ce que, dans la voie, les joints se présentent d'équerre. Comme ce n'est qu'au moment de la pose de la superstructure qu'il est possible de se rendre compte si, notamment dans les courbes, les rails sont convenablement troués pour un bon placement d'équerre des entretoises, l'entrepreneur s'oblige à supporter, même après qu'il aura été payé, toutes les dépenses qu'il y aurait à faire, lors de la pose des voies, pour réparer toute faute commise en ce point.

§ 3. Longueur des rails. — La longueur normale des rails est de 12 mètres.

Il sera admis, au profit de l'entrepreneur, une tolérance ne dépassant pas 5 mm. en plus ou en moins.

Les rails pour les courbes et les aiguillages auront des longueurs différentes, mais ne dépassant pas 12 mètres.

Tous les rails seront coupés à la scie circulaire aux longueurs cotées dans les plans détaillés que l'entrepreneur dressera sur la base du livret des courbes.

Les deux extrémités du rail seront fraisées à la machine à la longueur exacte voulue.

§ 4. Poids. — Le poids du mètre courant de rail sera constaté par procès-verbal, une fois pour toutes, au commencement de l'effectuation de chaque livraison partielle, par le pesage de 50 rails irréprochables, effectué contradictoirement en présence de l'agent réceptionnaire de la Ville et d'un délégué de l'entrepreneur.

Le poids ainsi reconnu ne pourra pas être inférieur de plus de 2 % à celui compté. Il n'est rien payé à l'entrepreneur pour un excédent de poids, mais les différences en moins, dépassant la tolérance de 2 % indiquée, seront défalquées de son compte.

§ 5. Indications. — Sur l'âme de chaque rail se trouvera en relief l'indication de la marque de l'usine.

Les rails de longueurs autres que celles prescrites par le plan avec les tolérances prévues au § 3, seront peints en rouge sur leurs deux fronts et l'indication de leur longueur sera inscrite en même couleur sur les deux côtés de l'âme, à la hauteur des trous de boulons d'éclisses.

Sur les rails pour courbes, les inscriptions se feront à la couleur blanche, à titre de signe distinctif; elles seront conformes aux indications du livret des courbes et donneront l'indication du rayon de la courbe et de la longueur du rail; les fronts des rails extérieurs des courbes seront peints en blanc; les fronts des rails intérieurs des courbes, en rouge.

§ 6. Contrôle de la qualité des rails. — L'Administration de la Ville a le droit de faire surveiller la fabrication des rails à l'usine par un agent délégué, auquel l'entrepreneur permettra le libre accès des ateliers et l'inspection complète de toutes les opérations de la fabrication.

Pour constater si et en combien les rails prêts pour la vérification satisfont aux conditions posées dans le § 1<sup>er</sup>, il sera fait choix de coupons d'une longueur de 1,3 m. ne comportant ni trous pour boulons d'éclisses, ni entailles; ces coupons seront d'abord soumis aux épreuves de choc.

L'appareil employé pour celles-ci devra répondre aux conditions suivantes. La ligne du centre de gravité du bélier coïncidera avec l'axe de son guidage. Le bélier aura un poids compris entre 600 et 1000 kg. La hauteur de l'appareil sera telle qu'on puisse obtenir un travail de 5000 kgm. (produit de la hauteur de la chute multipliée par le poids du bélier). La panne du bélier sera arrondie d'après un rayon qui ne sera pas inférieur à 150 mm. Le mécanisme de déclic sera construit de façon à n'exercer aucune influence contrariant la libre chute du bélier. L'appareil comportera un dispositif empêchant toute chute accidentelle du bélier lorsque celui-ci est soulevé soit complètement, soit jusqu'à une certaine hauteur. Le poids du socle portant les deux supports sera de 10.000 kg. au moins; le socle sera en fonte d'une venue et sur celui-ci seront fixés avec toute la sécurité voulue, par exemple par calage, les supports servant de points d'appui au rail à essayer. Les fondations consisteront en un massif de maçonnerie dont les dimensions résulteront des conditions de l'ensemble de la construction, sans que cependant sa hauteur puisse être inférieure à un mètre. Les supports servant de point d'appui au rail seront de forme demi-cylindrique de 50 mm. de rayon. Les dispositions nécessaires devront être prises pour empêcher que le rail ne se renverse ni ne se dégage des supports par l'effet des coups du bélier, tout en conservant cependant sa libre position sur les supports. Pour ne pas devoir donner à ces derniers, en vue des fortes flexions, une hauteur exagérée, ils seront d'une forme appropriée procurant l'espace suffisant pour les grandes courbures. L'échelle graduée devra être mobile sur le guidage du bélier et indiquera le travail de ce dernier en kilogrammètres, en rapport de la hauteur de la chute.

Après chaque coup, la hauteur de chute du bélier sera réglée d'après la flexion déjà donnée au coupon soumis à l'épreuve. La flexion du rail se mesurera à la surface supérieure du rail et toujours par rapport à l'écartement primitif des points d'appui. Pour les mesurages, il sera fait usage d'un instrument en forme de trusquin, présentant en son milieu un curseur vertical gradué en millimètres. Le mesurage se fera après chaque coup. Lors de l'épreuve de rails, les coups pourront être donnés avec un effort uniforme de 1200 kg. jusqu'à ce que la flèche de flexion prescrite au § 1 soit obtenue. Le dernier coup pourra être proportionné au degré de flexion à atteindre.

La température du coupon d'épreuve devra être vérifiée et annotée.

Pour un tiers environ des coupons soumis à l'épreuve, le battage sera poursuivi jusqu'à rupture; au besoin cette rupture sera facilitée en entaillant la pièce.

Tout phénomène extraordinaire dans le changement de forme du coupon et à la cassure devra être vérifié immédiatement aussi soigneusement que possible, et annotation en sera prise.

Avec les pièces qui auront été soumises aux épreuves de choc, il sera également procédé à des épreuves de traction. A cet effet, des éprouvettes droites de 20 mm. de diamètre et de 200 mm. de longueur seront extraites à froid du milieu du champignon des coupons les moins infléchis par les épreuves de choc, puis essayées sur une machine pour les épreuves de traction, dont le fonctionnement normal pourra être contrôlé aisément et sûrement.

Il faudra, par cette épreuve, déterminer non seulement la résistance en rapport de la section transversale primitive, mais encore la diminution de section au point de rupture et l'allongement de l'éprouvette en p. c. de ses dimensions premières.

L'agent réceptionnaire a le droit de choisir, pour le soumettre à épreuves, un rail de chaque groupe de 200 rails achevés, ou un rail de chaque partie à livrer n'atteignant pas ce chiffre.

Si ce rail, en tout ou en partie, ne satisfait pas aux conditions posées au § 1, l'agent réceptionnaire sera libre de choisir un second et même un troisième rail provenant de la même coulée, pour le soumettre à ces épreuves. Si un de ces deux derniers rails est alors reconnu défectueux, tous les rails provenant de la même coulée seront rebutés. Dans ce but, le numéro de coulée devra être indiqué sur l'âme de chaque rail.

Si les épreuves pour d'autres lots ne donnent pas la certitude que les rails sont tous de conditionnement irréprochable ou encore si, à la réception, il est reconnu d'autres vices ou défauts donnant lieu de conclure que les rails ne répondent pas aux conditions posées, l'administration municipale a le droit de repousser toute la fourniture. Dans ce cas, les conditions du contrat seront applicables pour tous les retards et préjudices qui s'ensuivront.

§ 7. Réception. — L'entrepreneur devra chaque fois faire connaître en temps utile à l'Administration municipale la date à laquelle le laminage se fera, afin qu'un agent de la dite administration puisse être envoyé à l'usine pour la réception.

Les rails que l'agent réceptionnaire trouvera conformes aux conditions seront poinçonnés du timbre de réception de l'Administration de la Ville de Francfort-sur-Mein, ce qui les désignera comme conformes aux conditions du cahier des charges et par suite bons à être livrés.

Dans aucun cas, des rails non ainsi poinçonnés, ne pourront être livrés.

Les rails rebutés seront rendus reconnaissables par l'écrasement à coups de marteau du numéro de coulée. Il ne pourra être renoncé à cette mesure de précaution que si ces rails rebutés demeurent groupés à part jusqu'après l'achèvement de la réception.

La réception définitive aura toujours lieu à l'endroit où l'entrepreneur est tenu de livrer les rails ; elle consiste dans la vérification du poinçonnage fait par l'agent réceptionnaire, dans un nouvel examen du conditionnement extérieur des rails et dans la constatation de la quantité livrée.

Les rails qui seraient alors reconnus défectueux, seront rebutés même s'ils portent le poinçon de réception. L'entrepreneur sera tenu de les remplacer par des rails conformes aux conditions du cahier des charges, sans pouvoir prétendre à une bonification de ce chef.

Après que des trains d'essai auront circulé sur les voies posées sans qu'une anomalie soit constatée, les rails seront considérés comme définitivement pris en livraison.

§ 8. Livraison et expédition. — Les rails et tous leurs accessoires sont à livrer franco en gare ou au port de Francfort-sur-Mein d'après des conditions d'expédition qui seront notifiées à l'entrepreneur. L'expédition des rails devra être annoncée sans délai au Département de l'Electricité et des Tramways de la Ville de Francfort-sur-Mein, aussitôt que l'envoi quittera l'usine de l'entrepreneur.

§ 9. Amende conventionnelle. — Pour la non-observation du délai de livraison, l'entrepreneur s'engage à payer une amende de 50 Marks par jour de retard.

§ 10. Garantie de l'entrepreneur. — Pour la bonne qualité de sa fourniture et de son travail, l'entrepreneur assume une garantie de :

a) 5 ans pour les voies ;

b) 2 ans pour les aiguillages et croisements.

Pendant cette durée de garantie, il sera tenu à réparer à ses frais toute défectuosité ou dommage et de remplacer dans le plus bref délai, par du matériel neuf et irréprochable, toute pièce endommagée, sauf dans les cas où, de l'avis du Département de l'Electricité et des Tramways de la Ville, il est établi que le dommage s'est produit par l'action de tiers ou par usure naturelle, et sans qu'il y ait faute de l'entrepreneur.

§ 11. Arbitrage. — Les différends qui pourraient se produire quant aux droits et obligations résultant de ce contrat ou quant à l'exécution des engagements pris, seront déferés en première ligne à la décision du Département de l'Electricité et des Tramways de la Ville.

La décision de ce département sera considérée comme adoptée si, endéans deux semaines à compter à partir du jour auquel il aura reçu avis de cette décision, l'entrepreneur ne demande pas, par écrit, au dit département, que le litige soit soumis à un arbitrage.

L'entrepreneur ne pourra pas prendre prétexte de ces procédures pour retarder ou différer la continuation des prestations et fournitures qui lui incombent, d'après les ordres lui donnés par le Département de l'Electricité et des Tramways de la Ville.

La procédure d'arbitrage aura lieu conformément aux paragraphes 1025 à 1048 du Code civil.

A moins que les conditions particulières au sujet de la constitution d'arbitres ou les clauses arrêtées entre parties n'en disposent autrement, le Département de l'Electricité et des Tramways de la Ville et l'entrepreneur nomment chacun un arbitre. Les arbitres choisis ne doivent avoir aucun intérêt immédiat dans l'affaire, ni être employés au service de la Ville.

Si l'un ou l'autre parti ne procède pas à la nomination de son arbitre dans le délai d'une semaine après qu'il en aura reçu l'invitation par l'autre parti, la désignation sera faite d'office par le président de la Chambre de Commerce de cette ville.

Aux deux arbitres est adjoint un tiers-arbitre qui sera, ou bien désigné par ceux-ci ou bien par le président de la Chambre de Commerce de cette ville, s'ils ne peuvent se mettre d'accord pour ce choix.

Le tiers-arbitre dirigera les délibérations et provoquera une décision de la cour d'arbitrage sur le litige. Cette décision sera prise à la majorité des voix.

Si, au sujet de sommes sur lesquelles les arbitres sont appelés à se prononcer, il existe entre eux plus de deux opinions différentes, la voix donnée en faveur de la somme la plus forte sera ajoutée à la voix donnée en faveur de la somme immédiatement inférieure.

La cour d'arbitrage se prononcera en équité quant à la prise en charge des frais de la procédure d'arbitrage. Elle est en droit de demander une certaine avance de fonds pour les frais.

Si la sentence arbitrale vient à être cassée dans les cas prévus au § 1041 du Code civil, la décision du litige sera dévolue aux tribunaux ordinaires.

Le soussigné déclare par les présentes accepter les conditions qui précèdent.

. . . . . le . . . . .

## ANNEXE B

### L'usure ondulatoire des rails (1)

par F.-T. AMAN, Membre de l'Association des Ingénieurs civils d'Angleterre.

Le microscope et la photographie constituent pour les métaux des moyens d'investigation et de détermination qui en font un complément presque indispensable des essais mécaniques et chimiques actuellement d'un usage courant. Aussi ces moyens d'analyse ont-ils été adoptés par nombre de grandes usines et il est déjà établi que, grâce au microscope, de nombreux détails ont été révélés dans la structure intérieure du métal, qui n'auraient pu être déterminés par d'autres procédés.

Si l'on soumet les rails présentant une usure ondulatoire à un tel examen, on parvient à déduire de leur structure, certaines théories; les reproductions microphotographiques qui accompagnent cet article, si elles n'apportent une solution décisive, offrent cependant un grand intérêt. Leur but n'est

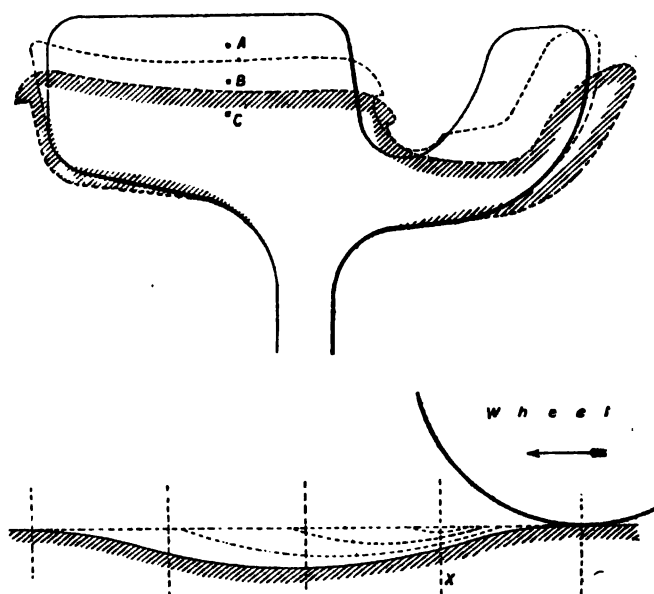


Fig. 1 et 2.

Coupe transversale et longitudinale d'un rail usé présentant l'usure ondulatoire.

pas de démontrer que les rails sont defectueux en eux-mêmes, mais uniquement de montrer qu'il se présente en plusieurs endroits du rail, des différences dans les éléments constitutifs et dans la cristallisation du métal.

Les rails étudiés sont du profil normalement employé à Liverpool; ils sont laminés en acier Bessemer basique ne renfermant que peu de carbone et point de manganèse. Ils pèsent 96 livres anglaises par yard, ce qui correspond à 47,5 kg. par mètre courant. Ils ont 7" pouces (178 mm.) de hauteur et 7 pouces de largeur au patin. Les rails soumis à l'examen comportaient une longue période de service et accusaient une usure ondulatoire très forte. Ils avaient été retirés de préférence des alignements droits, la fatigue par le fait du freinage y étant moindre que dans les courbes; ils n'ont donc non plus aucune des dégradations qui pourraient résulter du cintrage à froid. Des rails neufs furent également soumis à ces études, mais ils ont été trouvés de même structure que ceux usés et il n'y a donc pas lieu de les traiter séparément.

Des cubes de 1/2 pouce (13 mm.) de côté furent découpés du champignon des rails à différents endroits; les surfaces à étudier furent ensuite polies, puis mordancées. Les microphotographies ont été prises au-dessous de la pellicule formée par le laminage à peu près aux endroits marqués par B et C dans la figure 1, où A indique le profil primitif du rail, B la réduction de ce profil résultant de l'usure normale et C un creux remarqué dans le rail. Relativement à l'échantillon C, il a été reconnu par examen d'autres morceaux prélevés en différents endroits de ce creux, que ce n'est pas au fond de celui-ci qu'il existait une différence vis-à-vis de l'état normal du métal, mais que cette différence de structure se manifestait en un endroit existant à peu près au premier quart de la longueur du creux, et

(1) *The Tramway and Railway World*, du 12 juillet 1906, pages 44 et suivantes.

marqué X dans le diagramme (fig. 2). C'est là manifestement le point de départ du creux que les chocs continuels des roues ont progressivement agrandi dans la direction normale de la marche des voitures, ainsi que l'indiquent les segments pointillés du diagramme.

La grandeur réelle des surfaces reproduites par les microphotographies est inférieure à  $\frac{1}{32}$  de pouce (0.19 mm.); elles sont représentées par des petits points carrés dans la figure 1. Elles sont donc toutes fortement agrandies.

Les figures 3 et 4 donnent respectivement les sections en travers des rails B et C, et les figures 5 et 6 sont les sections longitudinales correspondantes; toutes ces sections ont été préalablement polies.

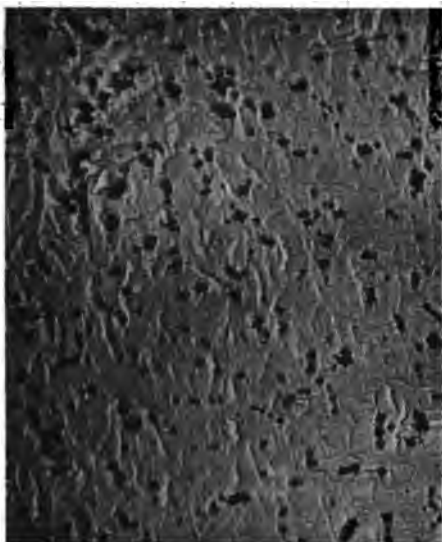


Fig. 3. — Coupe transversale de l'échantillon B (surface polie).

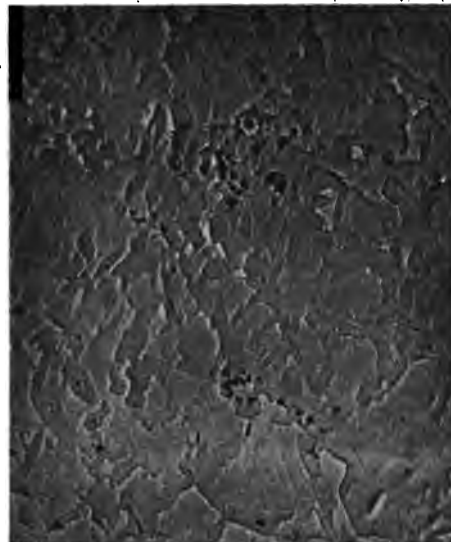


Fig. 4. — Coupe transversale de l'échantillon C (surface polie).

à la surface. Naturellement ces sections ne se coupent pas avec une exactitude absolue, mais reproduisent uniquement les faces des dés étudiés. Les petites parties foncées qui se voient sur la surface figure 3, rail B, sont de petits cristaux de carbure qui se sont formés pendant le refroidissement lent du métal.

Le refroidissement rapide, tel que le donne l'immersion dans le seau de forge, empêche ces formations carburées. Leur dureté extraordinaire les fait apparaître en saillie, même après que le polissage ait enlevé tout ce qui les entourait. L'éclairage de côté les fait briller comme de l'argent. La forme carrée que ces cristaux affectent, est sans aucun doute leur forme première et ce n'est pas



Fig. 5. — Coupe longitudinale de l'échantillon B (surface polie).

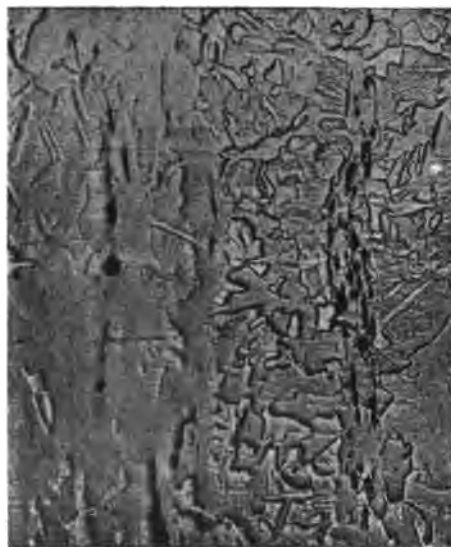


Fig. 6. — Coupe longitudinale de l'échantillon C (surface polie).

un effet du laminage comme on pourrait être porté à le croire; mais naturellement la pression des cylindres dans le train du laminoir produit une elongation qui réduit la largeur de leur surface. La figure 5 représente en coupe longitudinale l'elongation de ces molécules par le laminage. Leur dureté extraordinaire et leur distribution uniforme dans tout le métal sont, sans aucun doute, une particularité caractéristique de cette qualité d'acier. Dans la figure 4, rail C, ces cristaux se groupent par grappes et ne sont plus régulièrement distribués dans tout le métal; de plus, leur forme n'est plus aussi nettement exprimée.

On remarque également une différence bien marquée entre les coupes longitudinales représentées par les figures 5 et 6. Les cristaux reproduits dans la figure 6, au lieu d'être étirés

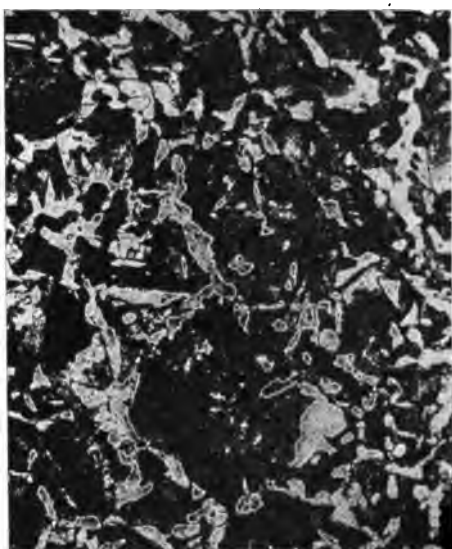


Fig. 7. — Coupe transversale de l'échantillon B (surface mordancée).

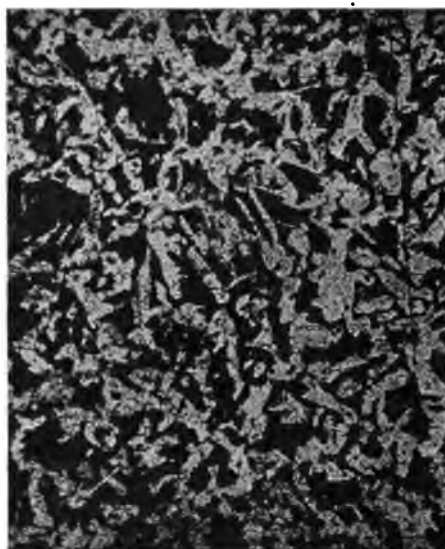


Fig. 8. — Coupe transversale de l'échantillon C (surface mordancée).

uniformément alors qu'ils se trouvaient encore dans l'état plastique, ont été rompus en fragments détachés, ce qui permet de conclure que, dès les premières opérations du laminage, ils s'étaient durcis et solidifiés. La partie supérieure de la figure 6 représente une partie d'une surface ou agglomération séparée, constituée par du ferrite, dont il sera parlé plus loin.

Les sections que présentent les figures 7 et 8 proviennent des mêmes surfaces que celles des figures 3 et 4, mais elles ont été traitées par un mordant liquide, qui, en n'agissant que sur certains éléments constitutifs du métal, révèle la formation cristalline tout en obscurcissant les cristaux carburés. Les figures 9 et 10 représentent les coupes longitudinales correspondantes traitées de la



Fig. 9. — Coupe longitudinale de l'échantillon B (surface mordancée).

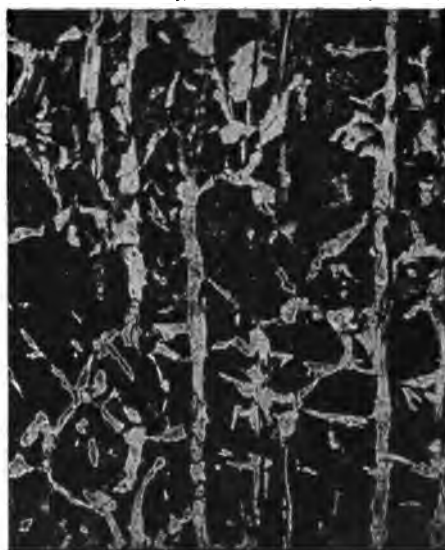


Fig. 10. — Coupe longitudinale de l'échantillon C (surface mordancée).

même façon, et où certains éléments constitutifs sont reconnaissables sous la forme de stries allongées.

L'acier se compose de deux éléments constitutifs principaux, qui nous apparaissent dans ces microphotographies comme des surfaces irrégulières, claires ou foncées, qui constituent tout une masse de cristaux enchevêtrés. Les parties claires sont les ferrites, soit donc du fer proprement dit, pur et exempt de carbone. Elles forment la partie plus tendre de l'acier; leur nombre diminue en raison directe de l'accroissement de la teneur en carbone, et inversement, augmente en raison de la diminution de la teneur en carbone. Les parties foncées sont des perlites, c'est-à-dire un mélange intime de ferrite et de cémentite ou carbure de fer. Un fort agrandissement permet de reconnaître ces perlites sous la forme de stries ou lamelles nettement caractérisées. Les cristaux de perlite, de couleur sombre, se présentent en relief sur la surface polie, le polissage ayant enlevé tout le ferrite qui les entourait. La chose se remarque clairement sur les figures 3 et 6, mais ne peut être vue quand le métal est traité par un mordant. Quand le métal a une teneur n'excédant pas 0,45 % de carbone, le ferrite (clair) et le perlite (foncé) sont en proportions à peu près égales. La comparaison des échantillons B et C montre sans difficulté que dans l'échantillon C, le perlite occupe la plus grande partie de la surface et annonce ainsi un excès de carbone. La forme plus grande des cristaux de perlite est d'ordinaire un indice de ce que le métal est cassant; dans la coupe longitudinale que représente la figure 10, on remarque également que certains cristaux de ferrite, bien que visiblement séparés les uns des autres, constituent cependant des bandes continues. Il est vraisemblable qu'à l'état fondu ils étaient formés en grappes.

Les figures 7 et 9 peuvent être considérées comme représentant un acier normal et reproduisent l'aspect de l'ensemble de la surface de l'échantillon, mais les surfaces sur lesquelles ont été prélevés les échantillons 8 et 9 présentent aussi des formations correspondantes de cristaux de ferrite en grappes. Tous les échantillons étudiés sont absolument exempts de vésicules ou pailles.

En ce qui concerne la ségrégation, il a déjà été dit que l'acier est constitué de deux éléments principaux d'un degré de dureté différent, qui se séparent quand le métal est en fusion. Cette ségrégation provient de ce que, pour des causes non encore suffisamment expliquées, les molécules plus fusibles se fondent ou s'agglomèrent ensemble. Il en résulte, comme conséquence naturelle, que les parties plus solides s'agglomèrent aussi de leur côté. Les ségrégations se remarquent principalement au centre du bloc de fonte; elles ne sont pas la conséquence d'un mélange imparfait et, en général, leur existence n'est pas considérée comme nuisible pour l'acier.

De ces différentes observations se déduit la théorie suivante :

Il est un fait reconnu que le courant électrique empruntera toujours le conducteur offrant le moins de résistance. Or, l'existence d'une accumulation anormale de l'un ou l'autre des éléments constitutifs en un endroit quelconque du rail, doit contrarier en ce point spécial le pouvoir conducteur du rail. Si donc la roue chargée de courant vient en contact avec une ségrégation de ce genre existant à la surface du rail, il se produit un échauffement local et chaque ramollissement, même imperceptible, qui en résulte, devra devenir le noyau d'un évidement auquel le martèlement donnera rapidement une étendue notable, par suite des types de roues en fonte trempée ou à bandages en métal dur actuellement en usage.

Relativement à la circonstance que c'est dans les courbes que les creux se déclarent d'abord, il est hors de doute que les ségrégations se manifestent d'une façon absolument irrégulière tant au point de vue de leur distribution dans le métal que sous le rapport de leur étendue; mais, comme le montrent les échantillons étudiés, ils se présentent par groupes ou en grappes. Ceux qui, par hasard, existent précisément à la surface du rail, là où le métal qui les entoure offre un appui suffisant à la roue, ne sont guère attaqués dans les alignements droits par le roulement normal des véhicules; mais dans la courbe, vient le freinage d'ordinaire renforcé, qui agit sur ces points spéciaux avec plus d'énergie, le plus souvent concurremment avec une plus importante intensité de courant.

La lecture des publications les plus récentes de M. A.-H. Hiorns peut être recommandée à tous ceux qui désireraient faire une étude plus approfondie des reproductions micrographiques de métaux.





# RAPPORT

de M. C. DE BURLET, Directeur Général  
de la Société nationale des chemins de fer vicinaux, Bruxelles

sur la question suivante :

**Superstructure de la voie pour lignes de chemins de fer d'intérêt local au point de vue spécial : a) de la longueur des rails à mettre en œuvre ; b) de l'emploi des joints soudés (Falk, Goldschmidt, etc.) ; c) du chevauchement des joints ; d) des moyens d'empêcher le desserrage des boulons.**

---

C'est dans ces termes que, conformément aux délibérations du Congrès international de Vienne, en 1904, cette question revient devant le Congrès de Milan.

Avant d'en aborder l'examen, il convient de bien noter qu'il s'agit uniquement de chemins de fer d'intérêt local (généralement à traction à vapeur), et non pas de tramways urbains actionnés presque tous aujourd'hui par l'électricité. Pour ces derniers, une question spéciale a été réservée à l'ordre du jour : « Construction des voies pour tramways urbains (superstructure et infrastructure). »

Dans notre dernier rapport, nous avons constaté que l'on paraissait généralement d'accord pour donner la préférence :

1° aux rails en acier d'un poids relativement élevé par mètre courant et en barres aussi longues que possible ;

2° à la pose sur traverses et, pour le choix de celles-ci, aux traverses en bois, si possible en chêne imprégné (habituellement de créosote) ; leur nombre par longueur de rail dépend évidemment des conditions techniques de la ligne (profil, poids des locomotives, trafic, etc.), mais il y a une tendance à faire des voies de plus en plus résistantes ;

3° aux tire-fond qui remplacent généralement aujourd'hui les crampons ;

4° aux éclisses-cornières robustes ; de là dépend en effet la solidité du joint, point faible de la voie et partant de la voie elle-même ;

5° au ballast en pierrailles ou en gravier, qui l'emporte sur le sable ou la cendrée, parce qu'il donne une voie plus sèche, plus stable et se maintenant dans de meilleures conditions ; de plus, sa perméabilité plus grande augmente la durée des traverses ; enfin, il attaque moins le rail que la cendrée qui contient parfois des acides et oxydants nuisibles.

Ces divers points n'ont pas donné lieu à contradiction au cours des débats du Congrès de Vienne.

Comme complément à ce qui précède, nous allons examiner les autres éléments constitutifs de la voie et notamment les points spéciaux énumérés dans le questionnaire qui nous occupe.

### I. — Longueur des rails.

Les indications données par 138 sociétés peuvent se subdiviser en quatre catégories, savoir :

- 32 sociétés employent des rails d'une longueur variant de 6 mètres à 9 mètres,
- 63 sociétés employent des rails d'une longueur variant de 9 m. 50 à 12 m. 50,
- 37 sociétés employent des rails d'une longueur variant de 14 mètres à 15 mètres,
- 6 sociétés employent des rails d'une longueur de 18 mètres.

Presque toutes déclarent que leur système donne des résultats satisfaisants.

Les longueurs les plus usitées sont celles de 6, 9, 12, 15 et 18 mètres; ces dernières le sont plus particulièrement par des exploitations de tramways à traction électrique parmi lesquelles s'en trouve une (Tramways de l'Est Parisien) qui a même fait usage de rails de 24 mètres de longueur.

Comme avantages résultant de l'emploi de longs rails, on cite notamment :

- 1° pose plus rapide;
- 2° réduction du nombre de joints, d'où économie dans les frais d'établissement et d'entretien; lorsqu'il s'agit de lignes électriques, il y a également économie dans les connexions;
- 3° les chocs se produisant précisément aux joints, la diminution de leur nombre rend le roulement des trains plus agréable et fatigue moins le matériel;
- 4° plus grande stabilité de la voie, puisqu'on diminue le nombre des points faibles, c'est-à-dire des joints.

D'autre part, l'emploi de barres de grande longueur peut présenter des inconvénients au point de vue de la manutention, du transport et du cintrage, mais il semble que ces difficultés trouvent une large compensation dans les avantages qui viennent d'être énumérés.

C'est donc une question de mesure et aussi d'espèce, comme dans beaucoup de cas analogues, où il importe de ne pas se laisser entraîner à l'application exagérée, même d'un principe juste.

S'il est permis de citer l'expérience de la Société nationale des chemins de fer vicinaux belges qui compte actuellement 128 lignes en exploitation d'une longueur totale de 2800 kilomètres, et comprenant 7 lignes à traction électrique ayant ensemble 140 kilomètres, nous dirons que la longueur normale des rails en acier de 23 kilos et 30 kilos au mètre courant, est généralement de 9 mètres.

Cette longueur a été adoptée dès 1885 comme représentant une bonne moyenne tant pour la manutention et la mise en œuvre que pour l'économie de la construction. Elle a donné satisfaction et la Société nationale n'a pas jugé devoir l'augmenter, du moins d'une façon générale, surtout à cause des difficultés spéciales qui se rencontrent pour le transport à pied d'œuvre de barres plus longues et pour leur mise en œuvre sur des lignes à petit écartement comportant souvent des courbes de très faible rayon.

Cependant sur une section importante établie sur siège spécial, de la ligne d'Ostende à Blankenberghe (destinée à être plus tard exploitée électriquement), elle a récemment employé des rails de 30 kilos avec barres de 18 mètres.

Ce renforcement de la voie se justifie par le désir d'augmenter la vitesse des trains.

La pose des barres de 18 mètres est faite dans de bonnes conditions, sans donner lieu à de trop grandes difficultés de manutention ni de mise en œuvre.

Il a également été posé des rails de 30 kilos et de 18 mètres de longueur pour la réfection de 6 kilomètres de voie, sur une ligne vicinale à grand trafic et à traction à vapeur.

Enfin, sur une section d'environ 5 kilomètres d'un chemin de fer vicinal à grande section, la Société nationale a utilisé des rails de 15 mètres profil 30 kilos.

L'expérience dira s'il faut persévérer dans ces essais de longs rails, essais qui méritent dans tous les cas d'être suivis avec intérêt.

## II. — Joints soudés.

Un intéressant rapport a déjà été présenté sur le joint Falk au Congrès de tramways à Paris, en 1900, par M. Fischer Dick.

En ce qui concerne le mérite de ce système, on s'est trouvé, lors du Congrès de l'Union internationale à Vienne en 1904, en présence de deux opinions différentes : alors que le délégué de la Grande société des tramways de Berlin déclarait qu'elle avait abandonné le joint Falk pour le remplacer par le joint Melaun, le représentant de la Société belge d'entreprise générale de travaux (Liège), faisait connaître que sur plusieurs de ses lignes, le joint Falk ayant donné toute satisfaction, il avait été décidé de l'adopter sur de nouvelles lignes des tramways liégeois.

Mais pour l'une et l'autre de ces compagnies, il s'agit dans l'occurrence plus particulièrement de lignes de tramways urbains. Aussi, pour rester dans le cadre de la question qui nous est soumise, ne ferons-nous état que des renseignements se rapportant aux chemins de fer d'intérêt local.

Comme on le verra par les renseignements condensés dans les tableaux joints aux Réponses au questionnaire, peu d'expériences ont été faites de joints spéciaux par les exploitations de chemins de fer d'intérêt local dont les voies sont généralement établies sur traverses avec rails reliés entre eux par de solides éclissages.

Des 38 sociétés ayant fourni des indications sur l'usage de joints spéciaux, 3 seulement visent des lignes de chemins de fer, tandis que les 35 autres ont plutôt en vue des lignes de tramways urbains, comprises dès lors dans la question spéciale réservée à l'ordre du jour du Congrès de Milan, pour la construction des voies dans les réseaux urbains.

Nous devons donc nous référer aux résultats de l'examen des joints spéciaux qui sera fait par les rapporteurs de cette question.

Nous retenons cependant que des trois sociétés de chemins de fer d'intérêt local qui ont envoyé des renseignements, deux sont favorables au joint soudé Falk et au joint Goldschmidt.

Quant à l'autre, elle a fait l'essai, depuis plus de trois ans, du joint *Ambert*, joint fretté à grand serrage qui supprime éclisses et boulons. Ce joint a, paraît-il, l'avantage de donner une voie à roulement continu, comme s'il y avait soudure, et son prix est sensiblement moins coûteux que le joint soudé; il peut d'ailleurs servir à nouveau, même après l'usure du rail.

Les exploitations de chemins de fer d'intérêt local qui ont tenté des essais du joint Falk déclarent ce joint avantageux lorsqu'il s'agit de rails lourds, tandis qu'avec des rails légers de 20 à 23 kilos, le résultat a laissé à désirer.

Une autre compagnie de chemin de fer (*Barmen*) qui a fait application du joint Goldschmidt, à titre d'essai, sur 750 mètres de voie, constate des résultats très satisfaisants, mais fait remarquer que le prix de ces joints soudés est de plus du double du prix des joints bien éclissés.

En suite d'une étude faite en 1900, à l'occasion de la substitution du joint Falk au joint ordinaire éclissé par la Société des Tramways bruxellois, la Société natio-

nale a conclu, surtout pour des raisons d'économie, à la non-applicabilité de ce système aux voies de ses lignes vicinales, du moins jusqu'à ce qu'une plus longue expérience ait permis d'émettre un jugement plus certain et définitif.

Le type adopté pour ses voies comportant la pose sur traverses, il a suffi de rapprocher les supports extrêmes pour réduire la fatigue des joints, en se bornant à établir un éclissage relativement léger, mais présentant la raideur et la solidité désirables.

Le prix est de 3 fr. 80 par joint ordinaire et de 6 fr. 10 par joint électrique (dont 2 fr. 30 environ pour la connexion), tandis que pour le joint Falk, on arrive approximativement à 13 francs, soit plus du double du prix de l'éclissage électrique et le quadruple environ du prix de l'éclissage ordinaire actuel. La différence est grande et l'on peut se demander si elle est compensée par des avantages certains.

Quant aux mérites techniques du joint Falk, ce que nous en pourrions dire ferait double emploi avec l'exposé qui sera fait de la question spéciale réservée aux Tramways urbains. Sans donc traiter à fond ce point, bornons-nous à quelques rapides considérations.

On a invoqué en faveur du joint Falk dans les voies neuves divers avantages, notamment celui de supprimer le bruit et le choc au passage des voitures et de permettre de prévoir, avec certitude, semblait-il, une durée incomparablement plus longue de la voie (rapport précité de M. Fischer-Dick).

Sans doute, la suppression totale du choc au joint a son importance, mais il ne faut pas l'exagérer, car elle ne semble pas présenter un intérêt essentiel justifiant d'excessives dépenses, d'autres moyens existant et fonctionnant avec succès pour diminuer cet inconvénient.

Quant à l'augmentation de la durée présumée de la voie par suite de la plus grande rigidité des abouts, il faudrait pour établir la comparaison avec les joints ordinaires et pour apprécier au point de vue financier la valeur du joint soudé, disposer de statistiques précises et portant sur une assez longue durée. Or, ces statistiques n'existent pas à notre connaissance.

En réalité, on ne possède que fort peu d'indications précises et d'éléments de comparaison sur l'usure relative des abouts des rails dans les voies éclissées et dans les voies à joints soudés.

A l'encontre du joint soudé, on a fait valoir certains inconvénients qu'il convient de signaler :

1° le mode d'attache entre l'éclisse et la traverse pour combattre le cheminement des rails est nécessairement supprimé ;

2° la difficulté de remplacer rapidement un rail brisé est notablement plus grande ;

3° en dehors des bris pouvant résulter des causes ordinaires dues à l'exploitation, il faudra compter aussi avec ceux que l'on a constatés assez fréquemment et qui se produisent surtout en hiver dans les files de rails réunis par le joint Falk, par suite d'un phénomène encore imparfaitement expliqué jusqu'ici ;

4° déformation des files de rails par suite des changements de température parfois très brusques, surtout pour les voies en accotement ou sur siège spécial ;

5° nécessité de doter les diverses exploitations vicinales du matériel coûteux nécessaire aux réfections (cubilot, soufflerie, etc.).

Nous croyons intéressant de faire mention d'un système de soudure des rails d'application plus récente :

D'après une communication faite par M. l'ingénieur Catani, à l'assemblée générale de l'Association électrotechnique italienne, le 9 octobre 1905, à Florence, la soudure des rails par le chalumeau oxyacétylénique paraîtrait donner des résultats meilleurs au point de vue de la soudure proprement dite, que les autres procédés connus : soudure électrique, joint Falk, Aluminothermite (Goldschmidt), etc.

La structure intime du métal ne serait guère modifiée ou, du moins, le serait dans une proportion peu importante, de manière que le rail conserverait pratiquement la même résistance mécanique à la partie soudée que sur le restant des barres.

Ce résultat serait atteint grâce à la température élevée obtenue et parce que la soudure s'opère sur toute la surface de la section du rail.

Il se comprend que cette soudure n'intéressant guère que les abouts des rails, trouble moins l'état moléculaire du métal et réalise mieux une véritable continuité.

La conductibilité électrique serait aussi parfaite que possible.

La soudure se fait en trois fois : 1° sur le patin, 2° sur l'âme, 3° sur le bourrelet.

Au point de vue du coût, la soudure par ce système serait assez économique, ne nécessitant qu'un matériel, des consommations et une main-d'œuvre d'importance réduite. M. Catani évalue le prix d'une soudure de rail Phénix de 34,5 kg le mètre courant (160 millimètres de hauteur) de 6 à 12 francs, et celle d'un rail Phénix de 43 kilos le mètre courant (180 millimètres de hauteur), de 10 à 15 francs.

Nous ne faisons qu'indiquer ce système, sans nous prononcer sur sa valeur et en émettant l'espoir que les sociétés qui l'auraient expérimenté voudront bien, au cours des discussions du congrès, fournir les renseignements qu'elles possèderaient déjà à ce sujet.

### III. — Chevauchement des joints.

La presque unanimité des réponses préconise le placement des joints normalement à la voie c'est-à-dire d'équerre, sauf dans les courbes où les joints sont souvent alternés.

Cette pratique est en concordance avec les résultats d'une expérience de 20 années faite sur une grande échelle aux Chemins de fer vicinaux belges.

On y emploie d'une manière générale les joints d'équerre, sauf dans les parties en courbes de 100 mètres de rayon ou moins, pour lesquelles les joints sont alternés.

Dans les courbes de 75 mètres et moins de rayon (voies à écartement de 1 mètre) les deux files de rails sont, en outre, réunies par des tringles-entretoises à raison de 3 pièces par longueur de 9 mètres.

### IV. — Moyens d'empêcher le desserrage des boulons.

Sur les 141 sociétés qui ont répondu au questionnaire, 71 déclarent avoir eu recours à des procédés divers en vue d'éviter le desserrage des boulons. Toutes ces réponses visent, soit des chemins de fer d'intérêt local, soit des tramways.

Les 70 autres sociétés n'ont pas fait d'essai ; plusieurs d'entre elles estiment qu'il est facile et peu onéreux de serrer de temps en temps les boulons. D'autres trouvent que le relâchement des joints résulte ordinairement non pas du desserrage des écrous, mais plutôt de l'usure des portées d'éclissage.

Abordons maintenant l'examen des constatations qui ont été faites.

De bons résultats ont été obtenus par l'usage de boulons à faible pas de vis ; des essais favorables ont également été faits au moyen de boulons avec écrous à ergot ou de boulons avec écrous de grande hauteur. Il en est de même du boulon dit « Ibbotson », mais il présente l'inconvénient de coûter relativement cher.

Le procédé pratiqué par la grande majorité des 71 sociétés ci-dessus, consiste dans l'emploi de rondelles d'acier à ressort de divers systèmes ; le type dit « Grover » semble le plus répandu.

Beaucoup de sociétés sont satisfaites de l'application de ces divers types de rondelles; il en est d'autres cependant qui signalent que les résultats obtenus n'ont pas été concluants.

De plus, il a été observé que les rondelles se brisent facilement, surtout en hiver ou perdent, après quelques années, l'élasticité nécessaire et par conséquent tout effet utile.

C'est ainsi, qu'après avoir longtemps utilisé la rondelle « Grover », les Tramways de Marseille l'ont abandonnée pour adopter un autre type: la « rondelle positive » construite de façon à ce que l'effort de compression s'exerce sur le corps de la rondelle et non sur ses extrémités.

On peut, pensons-nous, déduire des diverses constatations relevées que les rondelles rendent incontestablement des services, mais que leur efficacité dépend beaucoup de la qualité de l'acier employé.

Quelques sociétés enregistrent des résultats satisfaisants obtenus par des plaques de tension à boulons, décrites comme suit, par la Bochumer Verein für Bergbau und Gusstahlfabrikation (pages 637 et 638 du recueil des réponses) :

« Ces plaques en acier formant ressort et durcies à cette fin comme les ressorts de voitures, ont environ 50 millimètres de largeur et de 5 à 7 millimètres d'épaisseur; la courbure des selles est d'environ 7 millimètres. Lorsque ces plaques sont complètement étendues par l'effet des boulons, leur force est d'environ 3000 kilos. »

Aux Tramways de Hambourg, on a procédé, avec succès, à l'intercalation sous les éclisses d'une plaque rectangulaire assez grande pour déborder la section des éclisses. Après le serrage à fond de l'écrou, des bords de la plaque sont repliés de façon à empêcher le desserrage.

## CONCLUSIONS

Il n'y a pas lieu, semble-t-il, d'en formuler de définitives: c'est plutôt une enquête que l'Union internationale a voulu ouvrir sur les conditions d'établissement des voies des chemins de fer d'intérêt local. Elle se poursuit d'une façon très intéressante et les compagnies affiliées y ont apporté d'abondants matériaux qui contribueront sans doute à apporter sur plus d'un point des solutions pratiques.

Il convient de ne point clôturer cette enquête, plusieurs applications de systèmes nouveaux étant trop récentes encore pour que l'on puisse émettre une opinion définitive.

En ce qui concerne spécialement les points particuliers faisant l'objet de la question, nous estimons que l'on peut admettre sous les réserves formulées ci-dessus, les conclusions suivantes :

### A) *Longueur des rails.*

Il y a une tendance de plus en plus grande à augmenter la longueur des barres.

### B) *Joints soudés.*

Les expériences ont donné des résultats qui restent douteux et ne permettent pas de formuler une conclusion. Il convient de laisser la question ouverte.

L'application des joints soudés ne semble pas s'être répandue.

On semble chercher depuis quelque temps le renforcement du joint au moyen d'autres procédés que la soudure, mais ici encore l'expérience est de trop courte durée pour que l'on puisse se prononcer.

c) *Chevauchement des joints.*

L'expérience acquise et la pratique suivie par la presque unanimité des compagnies montrent que la préférence doit être donnée aux joints normaux dans les alignements et aux joints alternés dans les courbes de petit rayon.

d) *Moyens d'empêcher le desserrage des boulons.*

Beaucoup de système sont été expérimentés, dont bon nombre ont donné des résultats satisfaisants, notamment les rondelles. Il n'est cependant pas possible encore de décider quel système est le plus efficace et doit être préféré.

C. DE BURLET.

*Bruxelles, août 1906.*



# RAPPORT

**de M. WATTMANN, Directeur des Tramways municipaux  
de Cologne,**

sur la question suivante :

**Résultats obtenus par l'emploi des compteurs de courant et autres  
sur les voitures de tramways.**

---

Lors de son Congrès tenu à Vienne en 1904, l'Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local avait porté à l'ordre du jour, la question « Economies à réaliser dans la consommation de courant des exploitations électriques ». Le rapporteur de la question, M. Klitzing, Directeur des Tramways de Magdebourg, fit dans son rapport allusion aux compteurs de voitures.

Les essais faits à cette époque sur l'emploi de compteurs, étaient tout récents et peu d'exploitations avaient alors expérimenté ce nouveau mode de contrôle; aussi était-il alors prématuré de vouloir tirer des conclusions d'une expérience aussi peu étendue.

Depuis lors, un grand nombre d'exploitations ont reconnu l'intérêt que pouvait présenter ce nouveau mode de contrôle et ont mis à l'étude l'application de compteurs sur leurs voitures.

Dans de nombreuses exploitations, surtout lorsque celles-ci se trouvent dans la nécessité d'acheter le courant à des tiers, la dépense nécessitée par la consommation d'énergie, représente une quotité importante des dépenses d'exploitation, quotité qui, dans de nombreux cas, peut atteindre 20 % et même 25 % des dépenses d'exploitation.

Dans ces conditions, il n'y a pas lieu de nous appesantir ici davantage sur la grande importance que présente pour les exploitations de tramways, une réduction aussi grande que possible dans la consommation de courant; cette réduction représente un gain qui n'est amoindri que par l'achat et l'entretien des compteurs et par le travail d'administration nécessité par la mise en valeur des indications données par les appareils.

Tous les exploitants sont certainement d'accord pour reconnaître que la consommation de courant dépend en majeure partie du plus ou moins d'habileté du mécanicien chargé de la conduite de la voiture. Ne voyons-nous pas tous les jours des mécaniciens peu habiles mettre sans cesse leurs voitures sous courant, puis, dès qu'une certaine vitesse a été atteinte, faire agir les freins? Il n'avait pas été possible



jusqu'ici d'évaluer l'importance de la consommation d'énergie qui résultait de cette manière irrationnelle de desservir les voitures; ce n'est que depuis peu de temps seulement que, grâce à l'application de compteurs de voitures, l'on a pu chiffrer cet abus. C'est ainsi par exemple que les Tramways bruxellois relatent, dans leur réponse au questionnaire, que l'application de compteurs horaires a fait reconnaître, pour un parcours déterminé, dans les durées pendant lesquelles une voiture était mise sous courant, des différences atteignant jusque 75 %.

Les Tramways municipaux de Cologne aussi ont procédé à de tels essais et ont reconnu que pour une même ligne parcourue dans les mêmes conditions de trafic, la consommation de courant variait dans le rapport de 3 à 5. Bien que ces écarts de courant pouvaient également être attribués à des facteurs complètement indépendants de la plus ou moins grande habileté et du degré d'attention des mécaniciens, il n'en est pas moins vrai qu'ils résultaient surtout de la façon dont la voiture était desservie; les autres facteurs qui influent sur la consommation de courant, restaient en effet, pour autant qu'il était possible de juger de la chose, les mêmes pendant toute la durée des essais.

Par suite d'une mauvaise conduite de la voiture, la consommation de courant peut dépasser, comme le prouvent les essais entrepris à Cologne, de 30 % la consommation normale.

L'influence du wattman sur la consommation d'énergie n'étant ainsi plus mise en doute, il est évident qu'il faut attacher une grande importance au contrôle du courant, dès qu'un tel contrôle est chose possible et pratiquement réalisable.

Il résulte des renseignements fournis en réponse au questionnaire, que les premiers essais au moyen de compteurs ont été faits en 1896 par les Tramways de Hambourg; ces premiers essais cependant ne fournirent pas de résultats satisfaisants.

Nous croyons devoir faire remarquer ici que ce sont les Tramways de Magdebourg qui, les premiers, ont attiré l'attention des exploitants sur l'utilité des compteurs pour le contrôle de la dépense d'énergie. Dès juillet 1901, une grande partie des voitures de ce réseau furent équipées de compteurs de courant. Les brillants résultats obtenus par l'emploi de ces appareils furent publiés, et firent notamment l'objet d'une communication de l'Union internationale à ses membres.

Depuis lors, l'utilité des compteurs a été reconnue et leur emploi s'est généralisé.

Nous donnons dans le tableau suivant les principales exploitations qui ont appliqué ce système de contrôle sur une vaste échelle; ce tableau indique à côté du nombre total des voitures motrices, le nombre de voitures motrices équipées de compteurs.

Exploitations	L'application des compteurs a été commencée en	Nombre des voitures motrices équipées de compteurs	Nombre total des voitures motrices
Tramways de Berlin . . . . .	1901	232	1664
Tramways de Hambourg. . . . .	1903	606	606
Tramways de Barme-Elberfeld . . . . .	1903	66	66
Tramways de Brême . . . . .	1905	131	131
Tramways municipaux de Francfort . . . . .	1905	241	241
Tramways de Mulhouse en Thuringe . . . . .	1905	19	19
Tramways de Stuttgart . . . . .	1905	23	133
Tramways municipaux de Düsseldorf . . . . .	1906	144	144
Tramways de Hagen . . . . .	1906	36	36
Compagnie allemande des tramways de Dresde . .	?	99	162

Outre les exploitations dénommées dans le tableau ci-dessus, un grand nombre d'autres réseaux ont également fait l'application des compteurs, mais sur une moins vaste échelle. Nous ne pouvons naturellement accorder aux résultats obtenus par ces dernières exploitations, dont plusieurs d'ailleurs n'ont pas encore terminé leurs essais, la même importance que celle que nous devons reconnaître aux exploitations comprises dans le tableau ci-dessus, la plupart de celles-ci disposant d'une expérience d'essais plutôt longue et ayant étudié surtout la question au point de vue pratique.

La question 2 du questionnaire adressé aux membres de l'Association, demandait aux exploitations de tramways si les méthodes de contrôle par elles employées, pouvaient avec certitude déterminer l'habileté individuelle des wattmen en ce qui concerne leur manière de desservir les voitures et d'économiser le courant.

Les renseignements fournis en réponse à cette question présentent parfois une grande hétérogénéité; plusieurs même sont tout à fait contradictoires. La majorité des exploitations cependant, notamment celles qui ont depuis longtemps déjà introduit le système de contrôle par compteurs, répondent à cette question d'une façon affirmative.

Sur les 30 exploitations qui ont répondu au questionnaire, 4 seulement voient dans l'emploi des compteurs, un moyen de pouvoir en déduire d'une façon approximative le degré d'habileté du wattman; ces exploitations reconnaissent cependant que le contrôle de la consommation d'énergie rend le wattman plus attentif dans la manière de desservir son régulateur de marche et que, de la sorte, certaines économies peuvent être réalisées.

Peu d'exploitations seulement ne reconnaissent aucune utilité à l'emploi des compteurs.

Les Tramways de Hanovre qui, en 1904, avaient procédé à quelques essais au moyen de compteurs, ne les ont pas continués, car le prix peu élevé du courant dans cette exploitation ne compensait pas les dépenses nécessitées pour l'entretien et l'amortissement des compteurs et pour les dépenses d'administration y relatives.

Les Tramways de Gênes ont renoncé à l'emploi des compteurs, comme moyen de contrôle, par suite du manque d'exactitude de ces appareils.

Les Tramways de Marseille et les Tramways de Stuttgart estiment que l'emploi des compteurs ne permet pas de déterminer l'habileté individuelle des wattmen à leur désir d'économiser du courant par suite des autres facteurs qui influencent d'une façon trop importante la consommation d'énergie.

Deux autres exploitations enfin, la Société nationale des Chemins de fer vicinaux de Belgique et les Tramways de Copenhague, voient des inconvénients à l'emploi des compteurs, car les conducteurs préoccupés de réduire au minimum la dépense d'énergie, pourraient arriver à réduire dans de notables proportions la vitesse commerciale en coupant trop tôt le courant pour arriver aux arrêts à une vitesse nulle.

Si l'on désire tirer une conclusion des réponses qui viennent d'être mentionnées et qui, comme on le voit, sont parfois très contradictoires, il faudra reconnaître que l'habileté du wattman concernant la consommation de courant, ne peut pas se déduire directement des lectures faites aux compteurs. La dépense d'énergie est en effet influencée non seulement par l'habileté du wattman, mais aussi, et ce d'une façon relativement importante, par de nombreux autres facteurs, notamment par le type et la grandeur des voitures, le type et le nombre des voitures d'attelage, le nombre des voyageurs, la fréquence des arrêts, des courbes et des pentes, de l'état atmosphérique, de la vitesse, etc. Ce n'est que lorsque tous ces facteurs ont été convenablement pris en considération, que les indications des compteurs permettent de conclure à la plus ou moins grande habileté du wattman.

Il est hors de doute que les facteurs subsidiaires influençant la consommation de courant, sont, pour chaque exploitation, plus ou moins différents; la manière dont il doit en être tenu compte, sera également particulière à chaque exploitation.

Nous ajouterons encore que les résultats obtenus ne sont réellement utilisables que si l'on dispose d'appareils de mesure d'une construction solide et qui, même après une longue durée de service, continuent à offrir une précision suffisante. Il est à remarquer ici que de nombreux types de compteurs de voitures ont été dans ces derniers temps lancés sur le marché; plusieurs ne répondent qu'imparfaitement à ces conditions, d'autres même pas du tout.

Il résulte de ce qui précède que l'utilisation des indications des compteurs dans un but de contrôle, présente des difficultés parfois très sérieuses et que la solution à donner au problème doit différer d'exploitation à exploitation. Cette solution d'ailleurs, pour qu'elle présente quelque valeur, réclame non seulement de nombreux et longs essais, mais aussi, de la part de l'exploitant, des observations personnelles souvent répétées.

Si donc plusieurs exploitations, dans leurs essais, ne sont pas arrivées à des résultats satisfaisants, il n'y a pas lieu de s'en étonner; la chose prouverait, tout au plus, que pour ces exploitations l'application des compteurs de courant ne se recommande pas. Remarquons en effet que plusieurs exploitations fort importantes, telles que les Tramways de Hambourg, les Tramways de Berlin, les Tramways de Francfort et autres, ont fait, depuis longtemps déjà, l'application des compteurs de courant sur une vaste échelle, et qu'il résulte de leurs réponses au questionnaire, que le système de contrôle par compteurs permet de déterminer exactement le degré d'habileté des wattmen. Il est dès lors presque évident que, pour les exploitations normales, c'est-à-dire qui ne se trouvent pas dans des conditions de trafic tout à fait particulières, il doit être possible, par un emploi judicieux des compteurs, d'arriver à un contrôle utile des wattmen.

Les renseignements fournis aux autres questions du questionnaire présentent, à de nombreux points de vue, un grand intérêt; elles indiquent pour la plupart des méthodes très pratiques permettant de mettre en valeur les indications des compteurs; aussi estimons-nous que l'étude de ces réponses incitera de nombreuses exploitations à faire l'essai des compteurs de voitures et d'autres qui avaient abandonné leurs essais, à les renouveler.

En ce qui concerne les économies réellement réalisées, toutes les exploitations qui estiment possible le contrôle des wattmen par l'application de compteurs, sont d'accord pour reconnaître que ce système de contrôle amène une diminution de la consommation de courant. Douze exploitations même chiffrent leurs renseignements: les réductions de courant ainsi obtenues, varient entre 4 et 20%. Il nous faut donc reconnaître que les économies réalisées peuvent en certains cas devenir très considérables.

Deux systèmes de compteurs sont aujourd'hui employés comme compteurs de voitures: les compteurs de courant et les compteurs horaires. Comme compteurs de courant, seuls les compteurs watts-heures-mètres ont été appliqués. L'une des exploitations ayant répondu au questionnaire, avait proposé, par suite de la tension à peu près constante, l'emploi d'ampères-heures; ce système de compteurs paraît cependant ne pas encore avoir reçu d'application.

Comme on le sait, les compteurs horaires consistent en un simple mouvement d'horlogerie dont le mouvement est enrayé dès que le wattman coupe le courant; ces appareils mesurent donc le temps pendant lequel la voiture est mise sous courant.

Un troisième type de compteurs, les compteurs de tours, a été mis à l'essai par les Tramways de Hambourg et les Tramways de Francfort; ces appareils indiquent le nombre des révolutions des roues, — soit donc indirectement le chemin parcouru — dès que la voiture est mise sous courant. Ce type de compteur ne paraît pas avoir donné de bons résultats, car il n'est plus aujourd'hui en usage.

Les compteurs horaires ne mesurent pas ce que l'on cherche surtout à obtenir, c'est-à-dire la consommation proprement dite de la voiture, et l'on se demande com-

ment il se fait que ces appareils aient été appliqués pour un système de contrôle de courant. Comme le font remarquer de nombreuses exploitations ayant répondu au questionnaire, le compteur de courant ne résiste pas toujours aux trépidations de la voiture; de plus, sa précision diminue après quelques semaines et ses indications ne présentent plus dès lors aucune valeur.

Les nombreux essais auxquels nous avons eu l'occasion de procéder sur les Tramways municipaux de Cologne jusque dans ces dernières semaines, confirment complètement cette manière de voir. Tous les compteurs de courant qui furent mis à l'essai perdaient leur précision dès qu'ils donnaient lieu à réparation; aussi avons-nous dû renoncer à en faire une application plus large. Nous devons toutefois faire remarquer que quelques types qui, d'après les réponses fournies auraient donné de bons résultats, n'ont pas été essayés à Cologne.

Dans de nombreuses exploitations, les compteurs mis à l'essai n'ont pas donné satisfaction, dans d'autres par contre ils ont donné d'heureux résultats. Il faut donc, croyons-nous, en conclure que les différents types de compteurs lancés aujourd'hui sur le marché, sont encore de qualité fort différente.

Les Tramways de Berlin, par exemple, qui depuis 1901 ont appliqué sur leurs voitures les compteurs Thomson-Houston et les compteurs Eibig, estiment que ces compteurs sont d'une grande précision, qu'ils réclament peu d'entretien et qu'après 6 mois de service, ils ne présentent que des écarts de 1 à 2 %; de même les Tramways de Brême qui possèdent 131 compteurs Eibig, préconisent ce système par suite de la grande simplicité dans les réparations et de leur marche suffisamment exacte; les Tramways de Hambourg également qui depuis 1903 ont installé plus de 600 compteurs Eibig reconnaissent à ce système comme qualités, la simplicité et solidité de construction, l'entretien réduit, la facilité et la rapidité du nettoyage et de l'étalonnage. Il semble donc résulter de ce qui précède qu'il existe déjà aujourd'hui des appareils qui, avec quelques soins, donnent des résultats satisfaisants.

Il y a lieu cependant de faire remarquer que dans les renseignements fournis, le degré d'exactitude réclamé de ces appareils et l'appréciation concernant leur bonne marche sont choses tout à fait individuelles, ce qui, en certains points, pourrait expliquer les divergences d'opinion.

Les inconvénients que de nombreux exploitants reprochent aux compteurs de courant, notamment leur manque de précision et leur marche peu sûre, ne se rencontrent pas dans les compteurs horaires. Les mouvements d'horlogerie qui dans toutes circonstances, quelles que soient les trépidations auxquelles ils sont soumis, marchent avec une exactitude presque absolue tout en ne donnant qu'exceptionnellement lieu à des réparations, sont connus depuis longtemps. Le mouvement d'enrayage qui est mis en fonction par la manœuvre de la manette du régulateur, est d'ailleurs si simple qu'il n'y a pas lieu de douter du bon fonctionnement de ces appareils. Tous ces points ont au reste reçu déjà la confirmation de l'expérience.

De plus le prix des compteurs horaires est beaucoup moins élevé que celui des compteurs de courant: il résulte, en effet, des renseignements fournis en réponse au questionnaire, que le prix complet d'installation d'un compteur de courant varie entre 150 et 250 francs, alors que, pour un compteur horaire, il n'est que 50 francs environ.

Si, au point de vue de l'exactitude des indications fournies, de la bonne marche de l'appareil, et du prix moins élevé dans les dépenses de première installation et d'entretien, les compteurs horaires doivent aujourd'hui être préférés aux compteurs de courant et le seront probablement également dans la suite, il reste encore à examiner le point de savoir si, en ce qui concerne le but même à atteindre, les compteurs horaires sont destinés à remplacer les compteurs de courant.

A ce point de vue également les opinions sont très divergentes. Les partisans des compteurs du courant prétendent, non pas sans raison, que le but du mesurage du courant est exclusivement une économie de courant, que les mécaniciens ne seront conduits à réduire leur consommation que s'ils s'aperçoivent que le courant par eux

dépensé, est réellement mesuré et non pas une troisième grandeur qui n'a aucune relation directe avec la consommation d'énergie.

Les partisans des compteurs horaires estiment au contraire que l'évaluation de la durée pendant laquelle la voiture est mise sous courant est, pour les mêmes conditions de trafic, dans la pratique suffisamment proportionnelle à l'énergie dépensée.

Au point de vue théorique, il est évident qu'il n'y a aucune relation réelle entre la consommation d'énergie et la durée pendant laquelle la voiture marche sous courant, car, même sans l'emploi des résistances, l'énergie dépensée par les moteurs n'est jamais constante pour les mêmes durées; par exemple, lors des démarrages, cette consommation est plus grande que lorsque le moteur a atteint sa vitesse normale.

Quoi qu'il en soit, il est hors de doute que pour un parcours donné, la moindre durée de mise sous courant correspondra toujours à la moindre consommation de courant si le conducteur :

- 1° passe aussi rapidement que possible sur les crans de résistance;
- 2° annihile dans le freinage, le minimum d'énergie.

Ces deux conditions deviendront évidentes si l'on considère que la dépense d'énergie deviendra un minimum dès qu'aucune énergie n'est plus détruite par le freinage, en d'autres mots dès qu'elle est tout entière utilisée pour la propulsion de la voiture. La marche sur les crans de résistance tout autant que le freinage, impliquent une perte d'énergie.

Le moyen le plus rationnel de parcourir un trajet quelconque entre deux points, serait certes celui qui consisterait à démarrer en passant rapidement sur toutes les touches de démarrage, d'abandonner pendant quelque temps la manette sur le dernier cran du régulateur, puis de laisser la voiture atteindre le point final sans freinage, par le seul effet de la vitesse acquise. Il est hors de doute qu'une telle manière de conduire la voiture correspond à la consommation minimum de courant.

La consommation d'énergie et la durée de la mise sous courant, ne varient cependant plus dans le même rapport, dès que la voiture comporte deux moteurs permettant une marche en série et une marche en parallèle. La mise en parallèle des moteurs donnera évidemment la moindre durée de mise sous courant de la voiture, car dans ce cas, une plus grande consommation d'énergie est dépensée en un temps moindre.

Comme les voitures de tramways électriques sont aujourd'hui généralement équipées de deux moteurs, il serait à craindre que l'application de compteurs horaires poussât le wattman à rouler autant que possible en parallèle, ce qui dans certains cas conduirait à une marche peu économique. A notre avis, ce point ne peut être résolu théoriquement et doit être abandonné à la sanction de l'expérience.

Comme nous l'avons déjà dit, la consommation d'énergie dépend non seulement de l'habileté individuelle du wattman, mais aussi d'autres circonstances qui, dans certains cas particuliers, ne peuvent être prises en considération par le fait même qu'elles ne peuvent être prévues. Il a été dit aussi qu'une consommation d'énergie réduite au minimum, n'implique pas toujours une marche rationnelle, car, par exemple, le wattman qui passe rapidement sur les crans de résistance, produit non seulement un démarrage par à coups, mais fatigue aussi les moteurs.

La consommation d'énergie dépensée ne peut et ne doit jamais être utilisée pour déterminer indubitablement la valeur exacte de l'habileté d'un wattman. Si cependant l'expérience montre que le contrôle de la durée de la mise sous courant de la voiture est, en pratique, suffisamment proportionnelle à la consommation de courant, il est hors de doute que cette méthode de contrôle produira au point de vue de l'économie d'énergie, les mêmes résultats que la mesure directe du courant dépensé. Et en effet, il résulte des réponses au questionnaire que 3 exploitations (Francfort, Dusseldorf et Hagen), ont pu, par l'application de compteurs horaires, constater une diminution notable de la consommation d'énergie; nous citerons spécialement ici les résultats

obtenus par les Tramways de Francfort qui depuis mai 1905 ont installé des compteurs horaires sur leurs 241 voitures motrices et ont réalisé des économies très importantes d'énergie; la plus grande économie observée a été de 19 % pour un mois par rapport au mois correspondant de l'année précédente.

S'il résulte de ce qui précède que les résultats obtenus jusqu'aujourd'hui par l'application des compteurs horaires, doivent être considérés comme très favorables, il nous paraît cependant prématuré, par suite du peu de durée de l'expérience acquise, de conclure définitivement sur la valeur de ces appareils, et nous estimons plus prudent de laisser ouverte la question relative au point de savoir auquel des deux compteurs, compteur de courant ou compteur horaire, la préférence doit être accordée pour le contrôle des wattmen: ces deux catégories de compteurs, ont en effet chacune leurs avantages et leurs inconvénients.

Afin de bien pouvoir étudier le point de savoir si le compteur horaire présente réellement toutes les qualités nécessaires permettant de juger de l'habileté des wattmen, il y aurait grand intérêt à procéder à des essais pratiques en montant simultanément un compteur horaire et un compteur wattmètre sur la même voiture et en déterminant le degré de proportionnalité entre les indications de ces deux appareils.

Quelques exploitants ne sont guère partisans du système de contrôle des wattmen au moyen de compteurs en général; les uns craignent que le personnel, dans le but de réduire à un minimum la consommation d'énergie, ne respecte pas l'horaire prescrit; d'autres que les wattmen démarreraient trop précipitamment et rouleraient sans précaution aucune pour la sécurité des passants.

Il semble qu'il n'y ait pas lieu d'apporter à ces points une importance exagérée, car l'emploi des compteurs qui a été fait sur une grande échelle par de nombreuses exploitations, n'a pas encore fait reconnaître le danger auquel il vient d'être fait allusion.

En ce qui concerne les dépenses de premier établissement des compteurs, nous avons déjà fait remarquer que le prix des compteurs de courant y compris le montage, variait entre Mk. 125.— et Mk. 200.—, et celui des compteurs horaires entre Mk. 35.— et Mk. 40.—.

Si les dépenses de première installation des différents types de compteurs ne présentent pas entre eux de forts écarts, il n'en est plus de même pour les dépenses d'entretien; d'après les réponses fournies, ces dépenses d'entretien varieraient, par 100.000 motrices-kilomètre entre Mk. 3.— (Compagnie allemande des Tramways de Dresde) et Mk. 150.— (Tramways de Copenhague). Si cependant nous ne considérons que les exploitations qui possèdent déjà sur l'emploi des compteurs une longue expérience, nous constaterons que ces dépenses aussi présentent moins d'écarts. C'est ainsi que pour les Tramways de Berlin, ces dépenses s'élèvent à environ Mk. 17.—; pour les Tramways de Hambourg, à Mk. 27.50, et pour les Tramways de Magdebourg à Mk. 21.20.

Il est intéressant de connaître la durée de service des compteurs de courant entre deux revisions consécutives: à la Compagnie allemande des Tramways de Dresde, cette revision a lieu 2 fois par an, aux Tramways de Hambourg tous les 2 mois, et aux Tramways de Magdebourg tous les mois.

En ce qui concerne les dépenses d'entretien des compteurs horaires, nous ne disposons que des renseignements fournis par les Tramways de Francfort; depuis huit mois que les compteurs horaires y sont appliqués sur toutes les voitures, aucune réparation n'a encore été reconnue nécessaire. D'ailleurs, comme les compteurs horaires ne sont autre chose qu'un simple mouvement d'horlogerie, il est à prévoir que les dépenses d'entretien en seront très minimes.

Voyons maintenant comment il y a lieu d'utiliser les indications données par les compteurs pour le contrôle des wattmen. Cette question en implique une autre: jus-

qu'à quel point est-il nécessaire, et comment faut-il tenir compte de tous les facteurs accidentels qui influent sur la consommation d'énergie ?

Les principaux de ces facteurs sont :

- 1° le type de la voiture motrice,
- 2° le type et le nombre des voitures d'attelage,
- 3° les particularités de la ligne (pentes, courbes, fréquence des arrêts, vitesse imposée, etc.),
- 4° l'état de l'atmosphère,
- 5° le coefficient d'occupation des voitures et l'importance de la circulation générale des artères empruntées.

La quantité d'énergie dépensée pour un seul voyage, ne permet naturellement pas d'apprécier d'une façon catégorique l'habileté du wattman ; cette appréciation ne peut être obtenue qu'après toute une suite de voyages ; dans ces conditions, les différents facteurs qui influencent la dépense d'énergie, se compenseront d'autant plus que le nombre d'observations aura été plus élevé. L'influence de l'atmosphère pourra d'ailleurs d'autant plus facilement être mise hors cause que cette influence reste la même pour tous les wattmen.

Il en est de même pour le coefficient d'occupation des voitures et l'importance de la circulation générale des artères empruntées. En ce qui concerne ce dernier point, nous ferons d'ailleurs remarquer que le service journalier du personnel conducteur des exploitations de tramways est généralement établi d'après un rôle déterminé. Comme, d'un autre côté, l'importance du trafic aux mêmes heures de la journée et sur la même ligne est une quantité relativement constante, il s'ensuit que, pour un même « service », les facteurs qui influencent dans un sens ou dans un autre, la dépense d'énergie, présenteront une valeur à peu près constante.

Le coefficient d'occupation des voitures et l'importance de la circulation générale de la rue influenceront de la même manière tous les wattmen, dès qu'un rôle aura été terminé, c'est-à-dire dès que tous les wattmen auront accompli le même service.

Dans certaines conditions, les particularités du profil de la ligne peuvent avoir une grande importance dans la dépense d'énergie. Il est en effet évident que les fortes montées augmentent la dépense d'énergie et que par contre les fortes descentes la diminuent. Cette dépense d'énergie peut également être fortement augmentée par le nombre et l'intensité des courbes, par la fréquence des arrêts, par la plus ou moins grande facilité avec laquelle le wattman peut surveiller la voie (avenues larges ou rues étroites), par l'importance de la circulation générale des artères empruntées, cette importance de circulation générale pouvant nécessiter des freinages répétés.

L'influence exercée sur la dépense d'énergie par les particularités de la ligne est donc parfois fort importante. D'un autre côté, il n'est pas toujours possible d'organiser l'exploitation d'un réseau de telle façon que pendant la durée d'une période considérée pour le contrôle (ordinairement un mois), tous les wattmen aient exécuté à peu près le même nombre de « services » sur les différentes lignes.

Les particularités des lignes ne peuvent donc de prime abord être éliminées. Cette manière de faire est d'ailleurs suivie par toutes les exploitations qui utilisent le système de contrôle par compteurs.

L'influence du type des voitures sur la dépense d'énergie est plutôt relative ; elle ne présente de l'importance que si les types des voitures en service sont très différents (voitures à deux essieux et voitures à boggies). Lorsque le poids des voitures ne présente pas de grands écarts, il n'y a pas lieu de tenir compte de cette considération dans le calcul de la dépense d'énergie ; c'est ce que nous avons pu constater dans les essais auxquels nous avons eu l'occasion de procéder ; c'est d'ailleurs aussi de la sorte que procèdent la plupart des exploitations.

Il en est autrement en ce qui concerne les voitures d'attelage ; il est en effet évident qu'il y a lieu de prendre en considération le nombre de voitures d'attelage

remorquées par la voiture motrice. Quant au type même des voitures d'attelage, ce que nous avons dit concernant le type des voitures motrices, s'applique ici aussi.

Si nous étudions spécialement les méthodes employées par les différentes exploitations pour l'utilisation des indications fournies par les compteurs, nous pourrions reconnaître à côté des divergences plutôt apparentes dans les détails, deux méthodes bien déterminées : l'une est employée exclusivement dans le système de contrôle par compteurs horaires. Dans le premier cas, le carnet indicateur dans lequel sont portées les lectures du compteur, accompagne la voiture pendant toute la journée, dans le second cas pendant tout un mois.

Après contrôle de la part du wattman, le receveur porte à chaque voyage, la lecture du compteur dans son carnet indicateur.

Comme la même voiture est généralement desservie successivement par différents wattmen, que de plus, pendant le courant de la journée, elle peut tantôt remorquer une ou plusieurs voitures d'attelage, tantôt ne pas en remorquer, il sera nécessaire de porter toutes ces particularités dans le carnet indicateur. De plus, afin de pouvoir apprécier l'habileté des différents wattmen du fait de leur consommation d'énergie, il devra être établi pour chaque ligne une consommation normale qui servira de base d'appréciation ; cette base d'appréciation différera suivant les lignes, le type des voitures et le nombre des voitures d'attelage remorquées.

Afin d'obtenir cette consommation normale avec une précision aussi grande que possible, les consommations de courant sont, pour tous les voyages, annotées séparément pour chaque ligne, pour chaque type de voiture et pour chaque composition différente de train. L'exploitant dispose ainsi, dans chaque cas particulier (ligne, type de voiture motrice, nombre des voitures d'attelage) d'une série d'observations, dont la moyenne déterminera la consommation normale pour le cas considéré. Comme on le voit, cette méthode est relativement compliquée, mais c'est bien celle qui donne les résultats les plus exacts.

Une méthode de contrôle aussi détaillée conduit tout naturellement à un travail d'administration relativement important. Elle peut être simplifiée si, dans le calcul de la consommation de courant, l'on se contente de tenir compte des différents types de voitures et du nombre de voitures d'attelage remorquées, par un coefficient de réduction basé sur l'expérience ; ce coefficient permettrait ainsi de réduire par une simple multiplication les différentes consommations à celle de la « voiture normale sans remorque ».

Les consommations de la voiture normale sans remorque ayant ainsi été calculées, ne devraient alors plus être annotées que par ligne. La valeur moyenne de ces différentes consommations, donnerait alors la « consommation moyenne d'une voiture normale sans remorque, par voyage d'une ligne déterminée ». Une simple multiplication de cette valeur par le coefficient de réduction donnera alors pour chaque ligne déterminée, la consommation normale pour les différents types de voitures et pour la remorque éventuelle de voitures d'attelage.

Plusieurs exploitants simplifient cette méthode encore davantage, en ce sens qu'ils ne déterminent pas à nouveau pour chaque mois la consommation moyenne de chaque ligne ; ils se contentent de prendre, une fois pour toutes, une consommation normale basée sur les observations antérieures ; il ne leur est ainsi plus nécessaire de calculer mensuellement les différentes consommations moyennes.

Comme on le voit, toutes ces méthodes présentent un point commun : c'est la détermination d'une consommation normale pour chaque parcours de ligne ; cette consommation normale une fois bien établie, doit permettre d'apprécier le travail des différents wattmen. Nous pouvons constater dans les méthodes suivies dans ce but des divergences parfois importantes ; elles concordent cependant toutes à déterminer par la moyenne arithmétique des différentes consommations de chaque parcours, une note générale d'appréciation pour chaque wattman.



Certaines exploitations basent cette note d'appréciation sur la différence en plus ou en moins de la consommation et watts-heures par jour par rapport à la consommation normale; d'autres réduisent la consommation à la voiture-kilomètre ou encore à la tonne-kilomètre; une exploitation même se contente de donner à ses wattmen des notes d'appréciation basées sur une échelle allant de 1 à 5, telles qu'en reçoivent les écoliers.

Dans cette dernière méthode, les consommations normales correspondant à chacune de ces notes d'appréciation, sont préalablement fixées; elles sont spéciales à chaque ligne et à chaque composition de train; c'est ainsi par exemple que, sur une ligne X, pour un service avec une voiture d'attelage, les wattmen recevraient la note I pour une consommation inférieure à 120 hectowatts-heure, la note II pour une consommation comprise de 121 à 133 hw.-heure, la note III pour une consommation comprise entre 134 et 140 hw.-heure; la note IV pour une consommation comprise entre 141 et 154 hw.-heure, et enfin, la note V pour une consommation supérieure à 154 hw.-heure.

La note d'appréciation mensuelle se déterminera ou bien directement en prenant la moyenne des notes de chaque voyage, ou bien encore en déterminant préalablement une note moyenne journalière.

Lorsque le système de contrôle est basé sur les compteurs horaires, la méthode employée pour la mise en valeur des lectures des appareils, est autre que les méthodes ci-dessus indiquées, qui toutes se basent sur l'emploi de compteurs de courant.

Les carnets indicateurs qui servent à l'annotation des lectures, sont ici non plus attachés à chaque voiture, mais bien à chaque wattman, c'est-à-dire qu'ils suivent ce dernier dans tous ses changements de voiture.

Dans les exploitations de tramways, les heures de travail du personnel sont généralement établies d'après un rôle et comprennent ainsi plusieurs « services ». Ces « services » sont exécutés à tour de rôle par tous les wattmen.

Chacun de ces services est habituellement fixé préalablement, c'est-à-dire qu'un service déterminé comporte pour des heures toujours les mêmes, le même nombre de voyages, la même composition des trains, et parfois aussi le même type de voiture. Il s'ensuit donc que chaque service se répète chaque jour dans les mêmes conditions de trafic. Dans ces conditions, il était naturel de prendre comme base de comparaison, non pas la consommation par voyage, mais bien la consommation par service.

Il faut donc, dans cette méthode, établir d'abord pour chaque service une valeur normale de base, permettant d'apprécier le travail de chaque wattman. Les exploitations qui ont appliqué cette méthode, établissent une fois pour toutes cette valeur normale de base par des essais préalables.

Nous devons reconnaître que l'utilisation des indications des compteurs s'obtient ici d'une façon très simple et peu onéreuse.

Cette méthode se simplifie encore davantage lorsque les wattmenn et les receveurs accomplissent simultanément le même service et qu'ils changent toujours ensemble de voiture. Les indications du compteur horaire peuvent alors être portées par le receveur directement dans sa feuille de route et il n'est plus nécessaire de leur donner des carnets spéciaux d'annotations, cette manière de faire réduit considérablement les travaux d'écriture. Le calcul de la consommation de courant ou plutôt de la durée de la mise sous courant des voitures, peut être fait en même temps que les autres calculs réclamés par la feuille de route; la note d'appréciation du wattman peut s'obtenir de suite en se servant d'un petit tableau donnant les consommations normales de courant. Il ne reste plus alors qu'à porter ensemble dans un tableau spécial les notes d'appréciation obtenues journallement par les différents wattmen et d'en déduire la moyenne arithmétique.

La description des différentes méthodes utilisées pour la mise en valeur des indications des compteurs font reconnaître qu'à côté de certaines méthodes assez com-

pliquées qui sans aucun doute exigent des calculs assez longs, il en est cependant d'autres fort simples qui ne réclament qu'un travail d'administration minime. Ces dernières présentent cependant l'inconvénient d'être moins précises.

Si l'on compare entre elles les différentes méthodes de contrôle au point de vue spécial de leur degré de précision, c'est-à-dire si l'on recherche pour chacune d'elles jusqu'à quel point les différents facteurs qui influencent la consommation de courant, ont été pris en considération, il nous faudra reconnaître que la détermination pour chaque période d'observation, d'une consommation moyenne normale des différents types de voitures motrices avec ou sans voitures d'attelage, écarte toutes les causes d'erreurs dues aux voitures motrices et aux voitures d'attelage; elle écarte même jusqu'à un certain point, les causes d'erreur constante dues aux compteurs.

Les causes d'erreur dues aux voitures motrices peuvent résulter de perturbations au mécanisme de propulsion. Pour les voitures d'attelage, ces causes d'erreur ne sont guère à craindre; aussi croyons-nous qu'il est complètement suffisant de tenir compte de l'influence des voitures d'attelage sur la consommation de courant, en se contentant de réduire la consommation des voyages avec voitures d'attelage à la consommation avec simple voiture motrice et ce par l'emploi d'un simple coefficient constant de réduction. Cette simplification nous paraît d'autant plus recommandable que la charge des voitures n'est jamais prise en considération, et que précisément cette charge a, pour les voitures d'attelage, une certaine importance, car le rapport du poids mort à la charge est ici soumis à de grandes variations.

Mais, même dans les voitures motrices, les perturbations en mécanisme de propulsion ne sont pas assez fréquentes ni graves, pour justifier à elles seules les ennuis que nécessite toute nouvelle détermination des valeurs moyennes. Il importe cependant ici de tenir compte de la mauvaise marche éventuelle des compteurs électriques; il est en effet évident qu'un compteur de courant marchant mal peut modifier considérablement les résultats.

En calculant donc chaque fois à nouveau la valeur moyenne de consommation de chacune des voitures, on élimine non seulement cette cause d'erreur, mais on détermine également de la sorte l'écart entre la consommation moyenne et la consommation de base.

C'est probablement pour ce motif que la plupart des exploitants qui utilisent les compteurs de courant, estiment ne pas pouvoir renoncer aux ennuis que réclame chaque nouvelle détermination de la consommation moyenne. Les compteurs horaires par contre présentent une marche plus régulière et par le fait même que le système de contrôle est ici basé sur la durée de la mise sous courant des voitures, la détermination de la consommation moyenne pour chaque voiture en particulier n'est pas possible.

En ce qui concerne les avantages que présentent les méthodes que nous venons de décrire, il y a lieu ici de tenir compte des particularités des différentes exploitations; la méthode de contrôle doit s'accommoder des particularités inhérentes non seulement aux moyens d'exploitation, au profil des lignes, mais aussi à l'organisation de l'administration elle-même.

D'une manière générale cependant, nous estimons qu'il faut donner la préférence aux méthodes les plus simples, car par suite du grand nombre d'observations, les inexactitudes qui viendraient à se produire, même dans les méthodes compliquées, se compensent d'elles-mêmes et permettent ainsi d'atteindre une exactitude suffisante pour la pratique. Cette compensation des erreurs inhérentes à chaque observation isolée est d'ailleurs d'autant plus grande que la période d'observations est plus longue.

Si par exemple l'exploitant ne donne que mensuellement au wattman les notes d'appréciation, il peut être alors admis que, pendant cette période, tous les wattmen auront été mis dans des conditions de travail à peu près analogues, c'est-à-dire que

tous auront roulé presque aussi souvent en charge et à vide, sur rails secs et humides, ou encore qu'ils auront desservi aussi souvent les différents types de voiture. Une erreur grossière même commise dans l'une quelconque des observations, restera sans importance, car elle disparaît dans la valeur moyenne donnée par une longue série d'observations.

L'expérience semble d'ailleurs confirmer notre manière de voir en ce sens que même les exploitants qui, dans l'utilisation des indications des compteurs, emploient les méthodes les plus simplifiées, sont d'accord pour reconnaître que les résultats obtenus par les compteurs concordent en tous points avec leurs observations personnelles en ce qui concerne le degré d'habileté individuelle de leurs wattmen.

Voyons maintenant comment les exploitants utilisent les résultats donnés par l'emploi des compteurs, pour inciter les wattmen à réduire à un minimum leur consommation de courant.

Ces moyens diffèrent d'exploitation en exploitation. Certaines, en nombre relativement élevé, récompensent les meilleurs wattmen en leur distribuant des primes en argent; les résultats ainsi obtenus ont été satisfaisants et aucun inconvénient n'a été reconnu à cette méthode. D'autres exploitations par contre sont peu partisans de ce système de primes d'économies; elles estiment que la distribution de ces primes doit pousser les wattmen à trop porter leur attention sur les moyens de réduire leur consommation de courant à un minimum et à négliger ainsi les autres prescriptions réclamées pour une bonne marche des voitures. Ces dernières exploitations se contentent de remettre les wattmen inhabiles à l'apprentissage ou de les faire surveiller par un chef-wattman; plusieurs d'entre elles même cherchent à agir sur l'amour-propre de leur personnel en publiant dans les différents dépôts, les résultats obtenus par chacun des wattmen.

Les dépenses d'administration nécessitées pour la mise en valeur des indications données par les compteurs, sont naturellement fort différentes suivant les exploitations; elles varient entre Mk. 12.— et Mk. 80.— par 100.000 voitures-kilomètre.

Après avoir ainsi cherché à condenser les nombreux renseignements qui nous ont été fournis par les réponses au questionnaire et à les mettre en valeur, qu'il nous soit permis de tirer quelques conclusions de notre étude.

Tout d'abord nous estimons que l'expérience acquise jusqu'à ce jour est suffisante pour reconnaître dans l'emploi des compteurs un moyen très approprié permettant d'apprécier la plus ou moins grande habileté des wattmen. Nous estimons aussi que par des périodes d'observation relativement longues, les facteurs secondaires qui influencent la consommation de courant, sont suffisamment pris en considération, c'est-à-dire suffisamment compensés, pour arriver à une appréciation exacte de l'habileté individuelle des différents wattmen. Les échecs nombreux auxquels a donné lieu la méthode de contrôle par compteurs, doivent être attribués d'une part au fait que les fabricants ont lancé sur le marché de nombreux types de compteurs de courant, dont certains étaient mal étudiés et ne pouvaient nullement convenir au but poursuivi, mais aussi d'autre part au fait que seuls des essais exécutés sur une grande échelle conduisent à des résultats favorables, car les consommations moyennes peuvent ainsi se déduire d'un grand nombre d'observations.

En ce qui concerne le point de savoir si les compteurs horaires peuvent, aussi bien que les compteurs de courant, déterminer l'habileté individuelle des wattmen, cette question ne nous semble pas encore suffisamment élucidée pour qu'il nous soit permis d'émettre une opinion définitive à ce sujet. L'expérience acquise jusqu'à ce jour par l'emploi des compteurs horaires est encore, en effet, de date trop récente, et bien que l'on soit en droit d'attendre dans la suite confirmation des brillants résul-

tats obtenus jusqu'aujourd'hui, il n'en est pas moins vrai que toute possibilité de voir ceux-ci se modifier, n'est pas exclue.

Les objections d'ordre plutôt théorique présentées par certains concernant les compteurs de courant, ne nous semblent pas une preuve suffisante pour en condamner l'emploi; nous estimons plutôt que seule la pratique peut sanctionner la valeur de ces appareils. Si les compteurs horaires répondent à l'attente, c'est-à-dire s'ils se montrent tout aussi appropriés que les compteurs de courant à apprécier l'habileté individuelle des wattmen, il est hors de doute que la préférence leur sera accordée dans la suite. Il nous semble en effet peu probable que les fabricants arrivent jamais à lancer sur le marché un compteur wattheuremètre aussi bon marché, aussi sûr en service et aussi solide que les compteurs horaires actuellement connus.

Si, comme nous l'avons vu, l'application des compteurs donne le moyen d'apprécier l'habileté individuelle des wattmen, elle permet aussi dans de nombreux cas de diminuer la consommation de courant et de réduire ainsi les dépenses d'exploitation. A ce point de vue cependant le prix de revient du courant joue ici un rôle important en ce sens que les dépenses nécessitées par l'entretien et l'amortissement des compteurs et aussi par le travail d'administration réclamé par la mise en valeur des indications des compteurs, peuvent parfois contrebalancer les économies réalisées dans la consommation d'énergie. Nous croyons intéressant d'élucider cette question par un exemple.

Supposons que dans une exploitation, chaque voiture motrice effectue annuellement 40.000 kilomètres. Pour un trafic annuel de 1.000.000 voitures-km., le parc devra comprendre 25 voitures motrices. En admettant un prix de base de Mk. 160.—, l'installation de compteurs de courant sur la totalité des voitures nécessitera une dépense de première installation de Mk.  $160 \times 25 = \text{Mk. } 4.000.—$ .

Les dépenses annuelles seraient

Intérêt et amortissement (15 % du prix d'achat) . . . . .	Mk. 600.—
Entretien : Mk. 25.— par 100 000 voitures-km. . . . .	» 250.—
Travail d'administration : Mk. 50.— par 100 000 voitures-km. . . . .	» 500.—
	<hr/>
	Mk. 1350.—

Supposons que le prix de revient de l'énergie soit de 10 pfennigs le kilowatt-heure.

Consommation totale, y compris le service des voitures d'attelage: environ 600.000 kilowatts-heure à Mk. 0,10, soit Mk. 60.000.—.

Si l'emploi des compteurs de courant permet d'arriver à une réduction de 10 %, il en résultera dans les dépenses de courant une économie de Mk. 6.000.—, dont il faut déduire les dépenses ci-dessus désignées, soit Mk. 1.350.—. Le bénéfice net sera donc de Mk. 4.650.—.

Si, au contraire, le prix de revient du courant n'est que de 6 pfennigs par kilowatt-heure, et si la consommation de courant ne diminue que de 5 %, il en résultera une économie dans les dépenses d'énergie de Mk. 1.800.—, dont il faut, comme ci-dessus, déduire une somme de Mk. 1.350.—. Le bénéfice net ne sera donc plus que de Mk. 450.—.

Si, au lieu de compteurs de courant, on équipe les voitures de compteurs horaires, les dépenses de première installation seront, pour 25 appareils à Mk. 40.—, de Mk. 1.000.—, et les dépenses annuelles deviendront :

Intérêts et amortissement : 12 % du prix d'achat . . . . .	Mk. 120.—
Entretien : Mk. 10.— par 100 000 voitures-km . . . . .	» 100.—
Travail d'administration : Mk. 20.— par 100 000 voitures-km. . . . .	» 200.—
	<hr/>
	Mk. 420.—

L'emploi des compteurs horaires donnera donc dans le premier exemple choisi un bénéfice net de Mk. 5580.—, et dans le second, un bénéfice net de Mk. 1380.—.

Ces deux exemples montrent que, dans le cas d'un prix de revient du courant très réduit et en supposant que les wattmen travaillent déjà dans de bonnes conditions, l'emploi de compteurs de courant ne se justifie pas par suite des dépenses trop élevées qui en résultent; l'emploi de compteurs horaires présente cependant encore dans ce cas, des avantages économiques.

Il est à remarquer que dans les exemples que nous avons choisis plus haut, il n'a pas été tenu compte des primes d'économie accordées le cas échéant aux meilleurs wattmen; ces primes d'économie seraient naturellement à déduire du bénéfice réalisé.

Nous doutons que l'on obtienne de meilleurs résultats en répartissant aux meilleurs wattmen des primes d'économie plutôt qu'en les instruisant à nouveau, en leur donnant des conseils et en éveillant leur amour-propre par la publication dans les dépôts des résultats obtenus par chacun d'eux. La solution à donner à cette question dépend surtout du caractère de la population et doit être étudiée spécialement dans chaque cas particulier.

Des renseignements fournis par les réponses au questionnaire, il résulte que, bien que les opinions soient peu concordantes sur différents points, la question de l'emploi des compteurs a cependant fait un grand pas. Les divergences d'opinion sont cependant nombreuses pour que nous exprimions ici le désir de voir les exploitations qui ont institué le système de contrôle par compteurs continuer leurs essais et mettre à la disposition de l'Union internationale, des données statistiques qui permettront d'élucider dans la suite certaines questions qui restent encore ouvertes aujourd'hui.

WATTMANN.

*Cologne, juillet 1906.*

---

# RAPPORT

de M. L. PETIT, Ingénieur, Chef de division à la Société Nationale  
des Chemins de fer vicinaux, Bruxelles,

sur la question suivante :

**Avantages et inconvénients des différents systèmes de freins mécaniques  
en usage dans les exploitations de tramways électriques.**

---

Cette importante question est, pour la troisième fois, mise à l'ordre du jour des Congrès de l'Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local; elle a fait notamment l'objet d'un examen approfondi au Congrès de Vienne en 1904, sans que cependant l'on soit arrivé à se mettre d'accord sur les conclusions définitives.

Depuis lors, l'Association allemande de tramways et de chemins de fer d'intérêt local a de nouveau examiné cette question et, à son congrès tenu à Francfort le 7 septembre 1905, celle-ci a fait l'objet de deux rapports très complets et très documentés dus, l'un à M. Scholtes, des Tramways de Nuremberg, l'autre à M. Björkgreen, des Tramways de Berlin.

Ces deux rapports, publiés dans les Réponses aux questionnaires du Congrès de Milan (pages 148-158), pourraient servir de base à la discussion de la question qui nous occupe; il nous serait en effet difficile de mieux établir la comparaison entre les deux catégories de freins mécaniques: les freins électriques et les freins à air; de présenter plus clairement et plus complètement leurs avantages et leurs inconvénients respectifs.

Il convient cependant d'ajouter qu'il ne nous serait guère aisé de tirer de ces rapports des conclusions générales qui pourraient être proposées au vote du présent congrès, car les deux rapporteurs sont loin d'être d'accord sur le système de frein à préconiser; l'un met en première ligne les freins électriques, l'autre accorde la préférence aux freins à air.

128 exploitations de tramways ont répondu au questionnaire envoyé aux membres de l'association par les soins du Secrétariat Général. Plusieurs de ces réponses constituent des études très complètes et relatent des résultats d'expériences qui prou-

vent combien cette importante question fait l'objet des préoccupations et des recherches des exploitants de tramways; mais ces nombreux et nouveaux éléments apportés à la contribution de cette étude ne nous permettront pas d'établir l'accord entre les deux rapporteurs de l'assemblée de Francfort, en vue d'arriver à une conclusion définitive.

Peut-il d'ailleurs en être autrement?

Il est évident qu'une exploitation de tramways ne se décide à adopter un système de frein qu'après avoir minutieusement étudié les divers systèmes en usage et que son choix se base non seulement sur les considérations de prix de premier établissement, de frais d'entretien, mais aussi sur les conditions spéciales de son réseau au point de vue de la vitesse des trains, de leur composition, du profil des lignes, des poids du matériel, des conditions de l'équipement électrique des voitures, de l'intensité de la circulation des voies publiques empruntées, etc. En d'autres termes, dans une question comme celle-ci, il serait irrationnel de décider d'une façon générale que la préférence doit être accordée à celui des deux systèmes qui compte le plus grand nombre d'applications.

Il est un premier point sur lequel l'accord complet existe: c'est qu'il est indispensable d'avoir à côté du frein à main utilisé comme frein de service, un frein de secours qui doit servir en cas d'avaries ou en cas d'urgence.

Or, l'armement électrique des voitures motrices constitue par lui-même ce frein sans aucun dispositif spécial; nous voulons parler du frein à contre-courant. D'après nous, c'est là un frein de secours; il ne convient pas de l'employer comme frein de service.

On est également d'accord pour reconnaître que le frein utilisé comme frein de service, doit permettre un freinage sans à-coups et ne jamais occasionner de fatigue exagérée au wattman. Il faut en conclure que sur des réseaux comportant des rampes assez raides et d'une certaine longueur, où la vitesse commerciale est assez grande et où le matériel roulant est d'un tonnage assez élevé, le frein à main est insuffisant et que l'emploi d'un frein mécanique s'impose (frein à air ou frein électrique).

En ce point, les divergences d'opinion se présentent, les uns préconisent les freins électriques, les autres les freins à air. Nous croyons inutile de parler de certains systèmes de freins spéciaux, tels que les freins à griffes utilisés sur des lignes à très fortes rampes; ils ne peuvent pas être considérés comme freins de service.

Dans la catégorie des freins électriques, il faut ranger: les freins à court-circuit; les freins à contre-courant; les freins électromagnétiques à disque ou à patins, et les freins à solénoïde.

Les freins à air sont tous basés sur l'emploi de l'air comprimé; les systèmes employés diffèrent entre eux soit par le mode de compression de l'air: station centrale de compression, compresseur mû par un excentrique ou par un moteur électrique; soit par leur mode d'action, frein automatique, non automatique, etc.

On voit que dans chacune des deux catégories, les systèmes sont nombreux, et il est difficile d'établir, au point de vue du prix de premier établissement, une comparaison bien exacte.

Les chiffres indiqués en réponse à la sous-question n° 15 du questionnaire présentent entre eux et pour des freins de même catégorie, des différences notables. Il faut cependant reconnaître que les prix d'installation des freins électriques sont notablement inférieurs à ceux des freins à air sans qu'on puisse toutefois établir d'une manière absolue la différence à l'avantage du frein électrique.

Pour la comparaison au point de vue des frais d'entretien, nous ne disposons pas, dans les réponses faites, de données bien précises; ce manque de précision s'explique d'ailleurs par le fait qu'une comptabilité spéciale et surtout uniforme pour

toutes les exploitations serait difficile à établir par suite du grand nombre d'éléments qui doivent entrer en ligne de compte. Dans les chiffres qui nous ont été remis, la dépense d'entretien des moteurs, des controllers, des résistances dans le cas d'emploi de freins à court-circuit et à contre-courant est-elle prise en considération ?

Au point de vue des frais d'entretien cependant, l'avantage est encore aux freins électriques, avec cette réserve toutefois qu'il convient de signaler que, s'il est possible de tenir note de tous les frais d'entretien d'un frein à air, il n'en est plus de même pour le frein électrique dont certaines réparations échappent à une répartition bien exacte.

Douze exploitants de tramways ont donné, dans leurs réponses, des indications relatives aux dépenses d'énergie nécessaires au fonctionnement du frein à air. La moyenne de ces dépenses serait de 30 à 40 watts-heures par train-kilomètre.

D'autre part, on estime à 22 watts-heures la dépense d'énergie pour le frein électromagnétique.

Les résultats des essais effectués par les Tramways de Munich sont intéressants à signaler : la consommation totale d'énergie est à peu près la même si l'on utilise le frein à main ou le frein à air ; elle fut même inférieure, dans certaines conditions, en employant le frein à air. Cette moindre consommation fut constatée sur des lignes empruntant des voies publiques à circulation très intense et à profil accidenté ; elle s'explique par le fait que le wattman conduisant une lourde voiture à bogies, freine plus souvent s'il n'a à sa disposition qu'un frein à main ; il est par contre plus sûr de lui-même s'il dispose du frein à air. La dépense de courant est donc réduite par suite du moins grand nombre de démarrages ou plutôt d'à-coups dans la propulsion de la voiture.

Cette constatation qui, très probablement, pourrait se produire sur d'autres réseaux, est une nouvelle preuve qu'un système de frein qui serait onéreux pour certaines exploitations, peut présenter, sur d'autres lignes, de grands avantages sur les systèmes concurrents.

Si le frein à court-circuit ne consomme pas d'énergie, il ne faut pas perdre de vue qu'il exige des moteurs d'une puissance plus grande que si l'on employait le frein à air. Le rendement de ces moteurs plus puissants est évidemment moindre en service normal et, de ce fait, la consommation d'énergie sera plus élevée. Cette majoration de consommation ne serait-elle pas équivalente à la quantité d'énergie nécessaire à la compression de l'air ?

Aucune expérience n'a été faite pour déterminer cette comparaison ; mais il semble qu'il doive s'établir un régime de compensation qui rétablirait l'équilibre entre les deux systèmes de freins au point de vue de la dépense d'énergie.

Il reste donc acquis qu'au double point de vue des dépenses de premier établissement et des dépenses d'entretien, la préférence devrait être donnée aux freins électriques.

Ce ne sont pas cependant ces seules considérations qui doivent entrer en ligne de compte pour déterminer le choix du système à adopter. Il convient principalement d'examiner lequel des deux présente le plus de garanties au point de vue de la sécurité.

Le frein à air présente sur le frein électrique l'avantage de ne pas être tributaire du fil de trolley, inconvénient sérieux qui peut avoir de graves conséquences si, au moment où le wattman compte sur son frein, la roulette vient à dérailler ou si une interruption de courant se produit.

L'action du frein électrique peut ne pas être instantanée, d'où il peut résulter un manque de confiance du wattman dans son frein. Le frein électrique doit toujours avoir pour complément le frein à main qui détermine et maintient l'arrêt complet, d'où double manœuvre à effectuer.



Tandis que la manœuvre du frein à air peut se régler aisément de manière à obtenir un freinage agréable et sans à-coups, il faut, de la part du wattman, une plus grande dextérité pour obtenir les mêmes résultats par le frein électrique.

En ce qui concerne les longueurs du freinage, les résultats obtenus par les deux systèmes paraissent équivalents.

La sécurité du fonctionnement du frein à air peut être compromise par des fuites dans les tuyauteries, dans les tuyaux d'accouplement; ce sont là des défauts dont le personnel peut s'apercevoir immédiatement. Si les tuyauteries ont été bien établies dès le début, les fuites ne sont guère à craindre. Le wattman a d'ailleurs toujours devant lui le manomètre qui lui indiquera s'il peut compter sur son frein; dans le frein électrique, au contraire, il suffit d'un collecteur mal entretenu pour empêcher le frein électrique de s'amorcer.

Le frein à air présente sur le frein électrique, le grand avantage d'agir automatiquement sur les voitures de remorque dans le cas de rupture d'attelage, avantage très sérieux pour des réseaux représentant un profil accidenté. De plus, le frein électrique sur les longues pentes peut donner lieu à des courts-circuits en cas d'emballement.

On peut conclure de ce qui précède qu'au point de vue de la sécurité, le frein à air est préférable au frein électrique, surtout sur des réseaux comportant de longues pentes.

Nous croyons en conséquence devoir nous rallier entièrement à l'avis exprimé, au sujet du choix à faire entre les deux systèmes, par M. Björkegreen dans son rapport à l'Assemblée de l'Association allemande tenue à Francfort.

M. Björkegreen y était d'avis que le frein à air doit être préféré pour des lignes à profil accidenté et dont les trains comportent une ou deux voitures de remorque; de plus, que son emploi est également indiqué lorsqu'il s'agit d'exploitations comportant des voitures de fort tonnage ou des trains lourds composés de plusieurs voitures roulant à une vitesse assez élevée sur des lignes suburbaines.

Notre rapport ne comporte que la comparaison entre les freins électriques et les freins à air, envisagés les uns et les autres d'une manière générale; pour être complète, cette étude devrait également envisager les avantages et les inconvénients des différents types de freins électriques et à air dont nous avons donné plus haut une nomenclature détaillée. Cette étude serait certainement intéressante pour les exploitations qui ont à faire choix d'un frein mécanique, mais elle donnerait lieu à des développements trop importants dans les conditions actuelles. De plus, divers systèmes nouveaux de freins mécaniques, notamment de freins à air, sont en service depuis une période de trop courte durée pour qu'il soit permis de se prononcer d'une manière précise sur leur valeur.

Cette question des freins ne me paraît pas d'ailleurs devoir être classée après le congrès actuel: elle est une de ces questions importantes qui doivent être périodiquement reprises pour tenir les membres de l'Union Internationale au courant des progrès réalisés. C'est ainsi que l'on pourra examiner plus en détail les divers systèmes de freins et faire de chacun d'eux une critique intéressante et utile.

Qu'il nous suffise pour aujourd'hui d'avoir examiné d'une manière plus générale les deux classes de freins mécaniques: les freins à air et les freins électriques. Dans ces conditions, nous croyons pouvoir soumettre à l'assemblée les conclusions suivantes:

« 1° Dans le choix du système de frein, toutes les circonstances particulières au service doivent être prises en considération; l'application de chacun des trois systèmes: freins à main, frein électrique, frein à air, doit être minutieusement étudiée.

» Le frein utilisé comme frein de service, doit permettre un freinage sans à-coups et ne jamais occasionner de fatigue excessive au wattman.

» Il doit également pouvoir être employé comme frein d'urgence et, comme tel, » être d'un fonctionnement suffisamment certain et rapide.

» L'équipement de la voiture comportera toujours, outre ce frein de service, un » second frein auxiliaire.

» 2° Lorsque, par suite du poids des voitures, de la remorque de voitures d'atte- » lage ou du profil du réseau, le frein à main ne pourra plus être employé rationnel- » lement comme frein de service, on emploiera comme tel un frein mécanique, soit » un frein électrique, soit un frein à air.

L. PETIT.

*Bruxelles, juillet 1906.*



# RAPPORT

de M. SCHOLTES, Directeur des Tramways de Nuremberg-Furth,

sur la question suivante :

**Avantages et inconvénients des différents systèmes de freins mécaniques  
en usage dans les exploitations de tramways électriques.**

---

La question des freins mécaniques pour tramways électriques a déjà été traitée par l'Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local, à plusieurs de ses congrès, notamment à celui de Vienne en 1904.

Nous nous référons ici au rapport que nous eûmes l'honneur de présenter à ce congrès. (Voir Compte rendu général du Congrès de Vienne, 1904, Annexe XIV) et aux discussions qui eurent lieu en séance (voir Compte rendu général du Congrès de Vienne, pages 96 à 107). Aussi notre présent rapport pourra-t-il être considéré comme un complément de l'étude faite par nous en 1904.

Les motions suivantes furent proposées lors du Congrès de Vienne :

- 1° Etudier plus spécialement la question des freins au point de vue des dépenses de premier établissement et des dépenses d'exploitation ;
- 2° Attendre les résultats de l'étude qui serait spécialement faite au sein de l'Association allemande de tramways ;
- 3° Faire étudier la question par un second rapporteur partisan du frein à air.

Le Comité de Direction de l'Union internationale a tenu compte des desiderata émis par le Congrès de Vienne.

Nous avons eu également l'honneur de présenter un rapport sur la question des freins lors de l'assemblée générale de l'Association allemande tenue à Francfort, en septembre 1905. Notre rapport, ainsi que le rapport de notre collègue M. Bjorkegreen de Berlin, sont reproduits dans les Réponses aux questionnaires du Congrès de Milan (pages 148 à 158).

Afin de rendre notre étude aussi complète que possible, nous avons pris en considération non seulement les renseignements fournis par les exploitations affiliées à l'Union Internationale, mais aussi ceux donnés par les exploitations faisant exclusivement partie de l'Association allemande de Tramways.

Bien que, dans le choix d'un système de frein, il faille mettre en première ligne le degré de sécurité, et seulement en seconde ligne la question « dépenses », il n'en

est pas moins vrai que ce dernier facteur comporte cependant une importance qu'il n'y a pas lieu de négliger.

Tous les exploitants de tramways sont aujourd'hui d'accord pour reconnaître que le frein à main seul ne suffit plus et que l'équipement d'une voiture de tramway doit aujourd'hui comprendre à côté de ce frein à main, un second frein qui doit être un frein mécanique, c'est-à-dire un frein électrique ou frein à air. Les opinions divergent seulement sur le point de savoir auquel de ces deux freins, il convient de donner la préférence.

La solution à donner à cette question restait jusqu'ici peu aisée, car l'on ne disposait guère de bases sérieuses relatives aux dépenses. Une expérience de plusieurs années a aujourd'hui comblé cette lacune et l'on peut même constater avec satisfaction que les chiffres obtenus sont presque toujours concordants.

Un total de 142 exploitations possédant ensemble un parc de 14 563 voitures, ont cette fois répondu au questionnaire envoyé aux membres de l'Association. Notre rapport au Congrès de Vienne ne s'appuyait, lui, que sur les réponses de 54 exploitations seulement.

Les renseignements fournis, par suite probablement du questionnaire plus détaillé, étaient en général mieux étudiés et présentent ainsi une base de discussion plus sérieuse.

Toutes les réponses cependant n'ont pu être utilisées, car plusieurs exploitations ont, dans leurs réponses, confondu le frein mécanique avec le frein à main.

Dans 29 cas seulement, l'installation des freins mécaniques a été imposée par les autorités du contrôle, notamment lorsqu'il était prévu un service de voitures d'attelage.

Nous n'avons considéré dans notre étude que les tramways électriques proprement dits et en avons éliminé les chemins de fer suspendus, chemins de fer vicinaux et chemins de fer souterrains.

Il résulte des réponses au questionnaire que d'une façon générale, les exploitations ont eu toute satisfaction du système de frein par elles employées; quelques rares exceptions seulement prévoient pour l'avenir l'introduction d'un autre système de frein dans le cas de l'achat de nouvelles voitures.

Afin de permettre une étude critique des différents systèmes de freins employés, il est, nous paraît-il, de toute importance de connaître le nombre total d'applications. C'est à cette fin que nous avons dressé le tableau suivant.

Système de freins	Nombre et poids des voitures									Nombre des voitures   exploitations			
	d <sup>a</sup> 5 à 6 tonnes	d <sup>e</sup> 6 à 7 tonnes	d <sup>a</sup> 7 à 8 tonnes	d <sup>e</sup> 8 à 9 tonnes	d <sup>e</sup> 9 à 10 tonnes	d <sup>e</sup> 10 à 11 tonnes	d <sup>e</sup> 11 à 12 tonnes	d <sup>e</sup> 12 à 13 tonnes	d <sup>e</sup> 13 à 16 tonnes	voitures		exploitations	
										An total	en o/o	An total	en o/o
Frein à main . . .	238	508	1639	1335	1095	14	22	154	7	5012	34,4	71	50,0
Frein électrique . .	16	436	924	2232	3086	100	204	234	34	7266	50,0	60	42,2
Frein à air . . . .	0	213	286	426	216	326	71	704	235	2285	15,6	11	7,8
										14563	100 %	142	100 %

Il résulte de ce tableau que c'est le frein à main qui jusqu'ici a trouvé le plus d'applications, puis vient le frein électrique, et en troisième ligne seulement, le frein à air.

Comme il était à prévoir, le frein à main est surtout employé dans les exploitations de peu d'importance et particulièrement pour le freinage de voitures d'un poids peu élevé. Les exploitations qui utilisent le frein à main, indiquent dans leurs

réponses, que ce système de frein leur suffisait amplement, elles n'avaient dès lors aucun intérêt à introduire un frein électrique. Pour ces exploitations, le frein électrique était réservé comme frein d'urgence.

Nous approuvons complètement cette préférence donnée au frein à main dès qu'il ne s'agit pas de voitures trop lourdes, d'un terrain trop difficile, ou de vitesses trop élevées, de plus, si l'on a soin de veiller au maintien en bon état des différents organes du frein électrique qui, dans le cas de l'emploi du frein à main comme frein de service, sera utilisé comme frein de secours. Le maintien en bon état des différents organes du frein électrique comme frein de secours, a d'ailleurs une grande importance, par suite même de la rareté et de la gravité des cas où il en sera fait usage.

Comme le montre le tableau ci-dessus, plusieurs exploitations utilisent encore le frein à main comme frein de service pour le freinage de voitures pesant plus de 12 tonnes; plusieurs de ces exploitations ont même un service par voitures d'attelage et possèdent sur leur réseau des pentes allant jusque 10%. Cette manière de faire nous semble dangereuse, car le service du frein à main occasionne au wattman dans un tel service, une fatigue qui, dans certaines circonstances, peut avoir une influence fâcheuse sur la sécurité du service.

Environ 26 exploitations reprochent au frein électrique de fatiguer démesurément les moteurs, d'occasionner une usure plus rapide des engrenages, de produire aux résistances un échauffement au delà de la limite permise et d'occasionner des perturbations aux régulateurs de marche. A notre avis, ces reproches n'indiquent qu'une seule chose: c'est que l'équipement électrique de ces voitures n'est pas conditionné pour un freinage électrique.

D'autres exploitations, presque en aussi grand nombre, se prononcent en faveur du frein électrique, ce qui tendrait à prouver que des dimensions bien étudiées données à l'équipement électrique excluent tous les inconvénients dont il vient d'être parlé.

L'on reproche également au frein électrique les à coups du freinage. On peut répondre à ce reproche que cet inconvénient provient très probablement de ce que les résistances de freinage n'ont pas été convenablement dimensionnées, ou encore de ce que le frein est desservi d'une façon peu habile. En ce qui concerne ce dernier point, nous dirons qu'un frein mal desservi produit toujours des à coups, quel que soit le système employé.

26 exploitations seulement ont procédé à des essais de freinage. Ce petit nombre peut s'expliquer par le fait que les essais de freinage réclament, pour obtenir des résultats présentant quelque utilité, une série de mesurages qui doivent être exécutés avec le plus grand soin et réclament une grande exactitude. Parmi les exploitations qui ont procédé à des essais de freinage, nous citerons spécialement les essais des Tramways de Berlin, Cassel, Dresde, Francfort, Gênes, Lyon et Vienne. Les résultats de ces essais concordent en presque tous les points avec les résultats obtenus en 1900 par M. Poetz, Directeur des Tramways de Hambourg, et confirment que le frein électrique n'est, au point de vue de la rapidité du freinage, surpassé par aucun autre système.

A côté du prix plus élevé dans les dépenses de première installation et les dépenses d'entretien, il est reproché au frein à air son non-fonctionnement en temps de gel, la nécessité de régler fréquemment les blocs et le peu d'étanchéité de la tuyauterie. Ces inconvénients, qui se faisaient surtout remarquer dans les commencements de la mise en service du frein à air, ont même incité plusieurs exploitations à abandonner complètement ce système de freinage.

Il est hors de doute que les nombreux organes mécaniques qui composent le frein à main sont soumis à une usure plus rapide et que ce frein, par suite même de la complication de ses organes, doit être entretenu par un personnel spécial.

L'effet violent de la détente de l'air comprimé produit aussi sur les sabots des freins une pression plus rapide et plus forte qui les soumet à une usure plus rapide.

Tous ces points rendent l'emploi du frein à air comme frein de service très onéreux.

A côté de ces inconvénients, le frein à air en possède encore un autre, résultant de la consommation supplémentaire d'énergie, nécessitée pour la compression de l'air. Il résulte des essais auxquels ont procédé les Tramways de Berlin, de Leipzig, de Nuremberg-Furth, de Hanovre, de Turin-Trofarello, ainsi que la Compagnie des Omnibus de Paris, que cette consommation supplémentaire est en moyenne de 38 watts-heures par motrice-kilomètre.

En admettant que la totalité des voitures motrices de ces exploitations soient équipées du frein à air, en supposant de plus que le prix de revient du kw.-h. soit de 10 pfennigs, la consommation supplémentaire d'énergie nécessitée par la compression de l'air s'établit pour les exploitations allemandes, par exemple, utilisant le frein à air, comme suit :

EXPLOITATIONS	Motrices-km parcourues en 1904	Supplément annuel réclamé pour la compression de l'air	
		En kilowatts-heures	En Marks
Grande Société des Tramways de Berlin. . . . .	55.110.000	2.094.180	209.418
Grande Société des Tramways de Leipzig . . . . .	12.622.000	479.636	47.964
Tramways de Hanovre . . . . .	9.045.000	343.710	34.371
Tramways de Munich . . . . .	8.330.000	316.540	31.654
Tramways de Nuremberg-Furth. . . . .	5.094.000	193.572	19.357
Tramways de Crefeld . . . . .	2.265.000	86.070	8.607

Ce tableau ne tient pas compte de la remorque éventuelle des voitures d'attelage.

Le tableau suivant donne quelques indications relatives aux dépenses de première installation et aux dépenses d'entretien des différents systèmes de freins; les valeurs indiquées dans ce tableau représentent la moyenne des chiffres indiqués par les différentes exploitations dans leurs réponses au questionnaire.

SYSTÈME DE FREIN	Dépenses de première installation		Dépenses annuelles d'entretien	
	par voiture motrice	par voiture d'attelage	par voiture motrice	par voiture- kilomètre
	Mark	Mark	Mark	Mark
Frein à main . . . . .	Sont compris dans le prix d'achat de la voiture		87. —	0.20
Frein électrique . . . . .	285.—	400.—	57.—	0.15
Frein à air . . . . .	1164.—	212.—	188.—*	0.30*

(\*) Il faut encore ajouter à ce chiffre la dépense supplémentaire pour la compression de l'air.

Comme le montre ce tableau, non seulement le frein électrique l'emporte sur le frein à air au point de vue des dépenses de première installation, mais il l'emporte également, et sur le frein à main, et sur le frein à air, au point de vue des dépenses d'entretien. Cet écart assez sensible dans les dépenses d'entretien en faveur du frein électrique résulte du fait que l'usure des sabots est très minime, car, dans le freinage électrique, le frein à main n'est utilisé que pour mettre à l'arrêt complet, la voiture déjà freinée préalablement par le frein électrique.

Lorsque le frein électrique est utilisé comme frein de service et non comme frein de secours, l'équipement des voitures motrices réclame comme seules dépenses supplémentaires, l'installation d'un régulateur de marche plus important, comportant en outre une plus grande graduation des résistances du freinage. D'après les renseignements fournis par les exploitations ayant répondu au questionnaire, cette dépense serait en moyenne de Mk. 285.— par voiture motrice. L'installation du freinage électrique sur les voitures d'attelage est plus élevée: elle varie suivant le système employé, mais est en moyenne de Mk. 400.— par voiture.

Les réponses faites au questionnaire montrent que dans les premières années de la traction électrique, les voitures d'attelage étaient équipées surtout du frein à disques, mais que, dans ces dernières années, la préférence a été accordée au frein à solénoïde.

La valeur de Mk. 1164.— donnée pour la dépense de première installation du frein à air, représente une moyenne des prix demandés pour les modèles anciens et récents et pour les différents systèmes. Pour les anciens modèles, le prix d'achat s'élevait jusque Mk. 1570.—; il est aujourd'hui d'environ Mk. 1000.— par voiture.

La dépense de première installation du frein air sur les voitures d'attelage est mentionnée comme étant de Mk. 212.—. Les renseignements qui nous sont parvenus n'indiquent pas si, pour ce prix, le frein agit automatiquement dans le cas de bris d'attelage.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer en commençant notre étude, les résultats de l'enquête faite par l'Union Internationale concordent en de nombreux points avec les résultats obtenus lors d'enquêtes précédentes faites sur la même question; ils présentent d'ailleurs une valeur suffisante pour permettre de porter un jugement sur la question. Aussi croyons-nous pouvoir présenter au Congrès de Milan les conclusions suivantes qui ont été déjà présentées à l'Association allemande de tramways et de chemins de fer d'intérêt local:

« 1° Dans le choix du système de frein, toutes les circonstances particulières au service, doivent être prises en considération; l'application de chacun des trois systèmes: frein à main, frein électrique, frein à air, doit être minutieusement étudiée.

» Le freinage doit pouvoir s'opérer sans à-coups. L'équipement de la voiture doit comporter deux systèmes de freins complètement indépendants l'un de l'autre. Le frein employé en service doit exclure toute fatigue du mécanicien.

» 2° Lorsque, par suite du poids des voitures, de la remorque de voitures d'attelage ou aussi des difficultés du terrain, le frein à main ne peut plus être employé rationnellement comme frein de service, on emploiera comme tel un frein mécanique et de préférence un frein électrique.

» 3° Si l'emploi du frein électrique comme frein de service, présentait des inconvénients résultant par exemple du choix d'un type de moteur trop faible, d'une graduation trop large dans les résistances et les régulateurs de marche; dans ce cas, il pourra être avantageux d'employer un frein à air comprimé.

» L'emploi de ce dernier système de frein deviendra d'ailleurs indispensable, lorsque les voitures sont relativement lourdes, qu'elles roulent à une grande vitesse, ou encore lorsque les trains comportent plus de deux voitures d'attelage. »

SCHOLTES.

*Nuremberg, juillet 1906.*



# RAPPORT

de M. E. KRÁSA, Ingénieur, Inspecteur Général  
des Chemins de fer d'Intérêt local de la Bukowine, Czernowitz,

sur la question suivante :

**De la vitesse maximum des trains pour les lignes de chemins de fer d'intérêt  
local sur siège spécial et pour les lignes sur route.**

---

Le questionnaire qui a été envoyé aux membres de l'Union Internationale par les soins de son Secrétariat Général, a été répondu par 120 exploitations représentant une longueur d'exploitation de 8690 km. De plus, l'Union technique des Chemins de fer d'intérêt local et des Tramways de France s'est également prononcée sur l'état de la question.

Les renseignements reçus en réponse au questionnaire, ont été résumés dans les tableaux (page 428 à page 483) des « Réponses au questionnaire » ; quelques réponses trop importantes pour pouvoir prendre place dans les dits tableaux, ont été reproduites après ceux-ci (pages 484 à 499).

Il résulte des renseignements reçus que les vitesses maxima sont, dans les différents pays, déterminées comme suit :

en Italie, par le Préfet, après accord des Autorités du Contrôle des Chemins de fer. Certaines prescriptions légales fixent également les valeurs maxima ;

en France, par le Préfet sur l'avis des Autorités du Contrôle ;

en Belgique, par le Ministre des Chemins de fer ;

en Prusse, tantôt par le Président de Régence (*Regierungspräsident*), tantôt par le Préfet de police, d'accord avec les Autorités des Chemins de fer ; dans quelques villes, par les Autorités municipales ;

en Bavière, Saxe, Duché de Bade et autres Etats de la Confédération germanique, y compris l'Alsace-Lorraine, par les Ministères compétents ;

en Autriche, par le Ministère des Chemins de fer ;

en Hongrie, par l'Inspection Générale des Chemins de fer et de la Navigation ;



en Suisse, par le Département fédéral des Chemins de fer;  
en Hollande, par les Autorités gouvernementales.

Soit que les conditions spéciales d'exploitation présentent entre elles trop de divergences, soit que la question posée ait été mal interprétée, les renseignements reçus concernant la vitesse moyenne des trains et leur vitesse de démarrage présentent une telle hétérogénéité, qu'il n'est guère aisé d'en tirer des conclusions générales; aussi, convient-il d'étudier spécialement chaque cas intéressant d'après les renseignements donnés par les « Réponses au questionnaire ».

Parmi les exploitations qui se sont prononcées sur les vitesses maxima permises, 60 doivent être considérées comme appartenant à la catégorie des chemins de fer d'intérêt local et 59 à celle des tramways.

Nous étudierons séparément, dans la suite, chacune de ces deux catégories, par suite des grandes divergences qu'elles présentent dans leur mode d'exploitation.

### **I. — Chemins de fer d'intérêt local.**

Les 61 exploitations ayant répondu au questionnaire comportent une longueur d'exploitation de 6509 km.; parmi ces 61 exploitations, 37 d'une longueur de 2800 km., sont à écartement normal, et 24 d'une longueur de 3709 km., sont à écartement réduit.

La très grande majorité des exploitations à écartement réduit, comporte l'écartement de 1.00 m.; trois exploitations seulement présentent l'écartement de 95 cm.; deux celui de 75 cm., et une seule celui de 60 cm.

49 exploitations sont à traction à vapeur, 10 à traction électrique et 2 à traction mixte.

3 exploitations seulement servent exclusivement au trafic voyageurs; 58 autres sont utilisées pour le trafic-voyageurs et le trafic-marchandises, soit chaque fois par trains spéciaux, soit par trains mixtes.

En ce qui concerne la longueur de freinage, 6 exploitations obtiennent l'arrêt des trains sur 5 à 25 m.; 22 autres sur 25 à 50 m.; 5 sur 50 à 75 m.; 15 sur 75 à 100 m., et enfin 4 sur 100 à 300 m.

Les renseignements donnés par les exploitations de chemins de fer d'intérêt local au sujet des vitesses utilisées et les vitesses maxima autorisées nous ont permis d'établir les tableaux I à IV que nous avons reporté à la fin de notre étude et dans lesquels nous avons indiqué en A les plus grandes vitesses utilisées jusqu'ici, en B l'augmentation de vitesse considérée comme pouvant être autorisée, en donnant chaque fois le nombre et la longueur kilométrique des exploitations partisans des différents maxima prévus. Nous avons enfin réuni en C les exploitations qui se prononcent contre toute augmentation de vitesse.

Les rubriques B et C donnent, par leur réunion, le nombre et la longueur kilométrique des exploitations partisans des différentes vitesses maxima existantes.

Le tableau I est relatif aux vitesses maxima permises pour les lignes sur siège spécial. Il résulte de ce tableau, que sur 55 exploitations représentant une longueur de 6214 km., 33 représentant une longueur de 4804 km., sont partisans soit du maintien, soit de l'introduction de vitesses de 30 à 40 km.; 10 exploitations d'une longueur de 770 km., voudraient voir les vitesses permises portées à 45 et 60 km. et 3 même à 70 km.

Nous ferons ici remarquer que ce sont surtout des exploitations du Nord de l'Italie qui emploient des vitesses de 50 km. et même au delà ou s'en déclarent partisans, ce qui permet de supposer, à côté des conditions favorables au point de vue du profil des lignes, un trafic-voyageurs très important, ou tout au moins la présence de lignes concurrentes.

Par contre, un grand nombre d'exploitations, surtout des exploitations allemandes, utilisant la vitesse maximum permise, sont d'avis que le profil des lignes et aussi la sécurité du service n'empêcheraient pas une augmentation de vitesse; elles sont toutes d'accord pour faire remarquer que cette augmentation de vitesse ne pourrait être obtenue que moyennant de fortes dépenses pour la consolidation de la voie, l'amélioration des dispositifs de freinage et une augmentation du personnel (serre-freins), que cependant cette augmentation de dépenses ne justifierait nullement les avantages économiques qui résulteraient de cette augmentation de vitesse.

D'autres exploitations font remarquer dans leurs réponses, qu'une augmentation de vitesse implique, toutes choses égales d'ailleurs, un poids moindre du train et une plus grande consommation en combustible.

La Société Nationale des Chemins de fer Vicinaux de Belgique, qui exploite 128 lignes d'une longueur totale d'environ 2800 km., est d'avis que, grâce à un matériel roulant en bon état et une voie bien entretenue, les trains vicinaux pourraient, sans inconvénient et sans danger, atteindre une vitesse de 40 à 45 km. à l'heure sur les parties en plate-forme indépendante; que cependant la prudence conseille de ne pas marcher à ces vitesses trop élevées, à raison des obstacles qui pourraient surgir sur une voie non clôturée et dans le cas où le matériel ne serait pas armé d'un frein continu.

Cette manière de voir est également celle des Chemins de fer d'intérêt local de la Bukowinc. Ce réseau comporte une longueur d'exploitation de 211 km.; le trafic-voyageurs y présente, au point de vue de la recette, 18 % de la recette totale et le trafic-marchandises les 82 % restants. L'exploitation, qui était obtenue jusqu'ici principalement par des trains mixtes marchant à la vitesse maximum de 25 à 30 km., assurait, d'une façon très économique, la totalité du trafic-voyageurs et aussi la plus grande partie du trafic-marchandises; le freinage était obtenu par le seul frein à main. Depuis cette année, la ligne principale de ce réseau, ligne qui présente des pentes allant jusque 27 ‰ et des courbes descendant jusqu'à un rayon de 200 m., comporte des trains de voyageurs marchant à la vitesse de 40 km. Cette plus grande vitesse occasionna, à côté de l'installation de freins continus, une augmentation très sensible dans les dépenses d'entretien de la voie et du matériel roulant, ainsi qu'une consommation plus élevée en combustible. Ces dépenses ne sont nullement en rapport avec l'augmentation du trafic voyageurs qui devait résulter des vitesses plus élevées; aussi, la mesure prise par cette compagnie ne se justifie-t-elle pas au point de vue économique.

Il est d'ailleurs probable que les mêmes observations pourront être faites sur toutes les lignes dont le trafic principal est, en grande partie, le trafic-marchandises.

Nous ferons encore remarquer que la majorité des exploitations à écartement réduit se déclarent partisans d'une vitesse maximum comprise entre 25 et 30 km.

En Italie, la loi sur les chemins de fer d'intérêt local n'autorise des vitesses supérieures à 30 km. que si les trains comportent des freins continus.

Le projet de loi suisse prévoit une vitesse maximum de 40 km. sur siège de voie spécial, pour autant que les trains soient freinés par freins continus.

Dans les autres Etats également, les vitesses supérieures à 30 km. ne sont autorisées que moyennant l'installation préalable de freins continus.

Le tableau II est relatif aux vitesses maxima sur route en pleine campagne. Sur 33 exploitations, d'une longueur totale d'exploitation de 2352 km., 18 comportant 1777 km. d'exploitation, sont partisans d'une vitesse comprise entre 30 et 35 km.; la plupart des autres restent en dessous de 30 km.; une seule considère la vitesse de 40 km. comme pouvant encore être tolérée.

Quant aux vitesses maxima sur route dans les parties peu bâties des agglomérations (tableau III), sur 24 exploitations d'une longueur totale d'exploitation de 1967 km., la majorité, soit 18 exploitations correspondant à 1383 km., sont partisans d'une vitesse maximum comprise entre 15 et 20 km.; 3 exploitations seulement se prononcent en faveur d'une vitesse plus grande.

Enfin, pour les vitesses maxima sur route dans les artères complètement bâties des agglomérations (tableau IV), sur 23 exploitations comportant un réseau total de 4541 km., 19 correspondant à 3966 km., se prononcent en faveur d'une vitesse maximum comprise entre 10 et 15 km.; une seule exploitation est partisan d'une vitesse supérieure à 20 km.

## II. — Tramways.

59 exploitations de tramways, représentant une longueur d'exploitation de 2181 km., ont également répondu au questionnaire. De ces 59 exploitations, 27 correspondant à 1391 km. sont à écartement normal et 32 correspondant à 790 km., à écartement réduit.

Les exploitations à écartement réduit ont pour la plupart l'écartement de 1.00 m.; deux exploitations seulement comportent un écartement de 95 cm.

46 exploitations servent exclusivement au trafic voyageurs, 9 au trafic voyageurs et marchandises par trains séparés et 4 au trafic voyageurs et marchandises par trains mixtes.

50 exploitations sont à traction à vapeur, 4 à traction à vapeur et enfin 5 exploitations possèdent la traction électrique pour le trafic voyageurs et la traction à vapeur pour le trafic marchandises.

L'arrêt des trains ou voitures s'opère pour 4 exploitations sur 5 m., pour 12 sur des longueurs entre 5 et 10 m.; pour 8 sur des longueurs entre 10 et 15 m.; pour 11 sur des longueurs entre 15 et 20 m.; pour 6 sur des longueur entre 20 et 30 m., et enfin pour 11 sur des longueurs supérieures à 30 m.

Les renseignements donnés par les exploitations de tramways au sujet des vitesses utilisées et des vitesses maxima autorisées, ont été résumés, comme nous l'avons fait pour les chemins de fer d'intérêt local, dans les tableaux V à VIII.

Le tableau V donne les vitesses maxima sur siège spécial; sur 23 exploitations représentant une exploitation totale de 1265 km., 15 correspondant à 1025 km., se prononcent en faveur d'une vitesse maximum comprise entre 30 et 40 km.; deux exploitations seulement, à écartement normal, admettent des vitesses plus grandes, allant jusque 50 km.

Il résulte du tableau VI, qui indique les vitesses maxima sur route en pleine campagne, que sur 40 exploitations comportant un réseau total de 1742 km., 25 correspondant à 1216 km., sont partisans d'une vitesse maximum de 25 à 30 km.; seules 2 exploitations se prononcent en faveur d'une vitesse supérieure. Par contre, 12 exploitations considèrent une vitesse maximum comprise entre 18 et 22 km., comme suffisante.

En ce qui concerne les vitesses maxima sur route dans les artères peu bâties des agglomérations (tableau VII), sur 45 exploitations représentant une longueur d'exploitation totale de 1832 km., 36 correspondant à 1421 km., se déclarent partisans d'une vitesse maximum comprise entre 15 et 20 km.; 15 de ces exploitations donnent la préférence à la vitesse de 15 km., et 16 à la vitesse de 20 km.; enfin, 5 exploitations préconisent une vitesse de 25 km. et 2 de 30 km.

Pour les vitesses maxima dans les artères complètement bâties des agglomérations (tableau VIII): sur 48 exploitations représentant un réseau total de 1942 km., 44 correspondant à 1899 km., sont partisans de vitesses comprises entre 10 et 20 km.; près de la moitié de ces exploitations considèrent la vitesse de 15 km. comme étant la plus favorable.

Plusieurs exploitations se prononcent, en motivant leur avis, contre les vitesses trop réduites, même dans les artères complètement bâties des agglomérations.

La Grande Société des Tramways de Berlin (*Grosse Berliner Strassenbahn*) fait remarquer que dans certaines rues à circulation très intense, la vitesse normale n'est que de 10 à 11 km. à l'heure; il s'ensuit que les voitures du tramway sont souvent dépassées par les véhicules ordinaires marchant au petit trop, et encombrement inutilement la chaussée. Aussi, les autorités du contrôle ont-elles permis, pour certaines rues, de porter la vitesse à 12 km. Dans les rues à circulation moins intense, les voitures marchent à la vitesse de 12 à 16 km.; dans les faubourgs et localités suburbaines, à la vitesse de 16 à 20 km. Les Tramways de Berlin ajoutent qu'il y aurait danger pour la circulation générale des rues à augmenter encore ces vitesses.

L'Union technique des Chemins de fer d'intérêt local et des Tramways de France est également adversaire d'une vitesse trop modérée pour les tramways, car, d'après elle, une vitesse trop modérée favorise l'inattention du public; au contraire, dès que celui-ci verra la vitesse augmentée, il aura l'impression du danger et se garera plus vite et mieux; le nombre des accidents ainsi diminuera.

Un grand nombre d'exploitations estiment qu'une augmentation de la vitesse dans les exploitations de tramways serait très possible, si l'on avait soin de réglementer la circulation charretière des rues et surtout si l'on faisait en sorte que cette réglementation fût convenablement exercée.

---

En résumé, des renseignements qui nous ont été fournis par les exploitations de chemins de fer vicinaux et d'intérêt local, il résulte qu'en général la plus grande vitesse permise pourrait être :

- a) sur siège spécial, 30 à 40 km.; lorsque ces lignes ont un trafic voyageurs intense et que les conditions d'exploitation sont favorables, cette vitesse maximum pourrait être portée à 50 km.;
- b) sur route en pleine campagne: 30 à 35 km.;
- c) sur route dans les artères peu bâties des agglomérations: 15 à 20 km.;
- d) sur route dans les artères complètement bâties des agglomérations: 10 à 15 km.

La vitesse maximum indiquée en a) est généralement motivée par des considérations économiques qui, dans de nombreux cas, donnent à cette vitesse maximum une limite inférieure à celle imposée par la sécurité du service. En ce qui concerne les vitesses maxima indiquées en b), c) et d), celles-ci s'expliquent par la sécurité à accorder à la circulation générale des rues.

Les exploitations de tramways se prononcent, en général, pour les vitesses maxima suivantes :

- a) sur siège spécial : 30 à 40 km. ;
- b) sur route en pleine campagne, 25 à 30 km. ;
- c) sur route dans les artères peu bâties des agglomérations, 15 à 20 km. ;
- d) sur route dans les artères complètement bâties des agglomérations, 10 à 20 km.

Comme le montrent les tableaux que nous avons établis, les vitesses maxima que nous venons d'indiquer correspondent aux besoins de la majorité des exploitations de tramways ou de chemins de fer d'intérêt local, que ces exploitations soient à écartement normal ou à écartement réduit.

De même, il ne peut être constaté de grandes divergences, toujours au point de vue des vitesses maxima autorisées, entre les exploitations à traction à vapeur et celles à traction électrique.

En général, les exploitations de tramways ne voient aucun avantage à élever les vitesses indiquées en a) et b) ; par contre, nombreuses sont les exploitations qui estiment que la vitesse pourrait être plus élevée dans les agglomérations, exception faite toutefois lors du passage de rues étroites et à forte circulation, de fortes pentes et courbes, etc. Cette élévation de vitesse impliquerait cependant une plus grande attention de la part du public et surtout une réglementation plus sévère de la circulation charretière.

Comme les exploitations de tramways ne sont presque exclusivement utilisées que pour le trafic voyageurs, leur désir de pouvoir rouler à une vitesse plus accélérée semble d'ailleurs parfaitement compréhensible, car toute augmentation de vitesse à l'intérieur des agglomérations dessert les intérêts, non seulement de l'exploitant, mais aussi ceux du public.

E. KRÁSA.

*Czernowitz, juillet 1906.*

---

TABLEAU I.

Chemins de fer d'intérêt local.

a) Vitesse maximum sur siège spécial.

Vitesse maximum.  km. par heure.	Réseaux à écartement normal.		Réseaux à écartement réduit.		Somme des réseaux à écartement normal et à écartement réduit.		Remarques.
	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	
<b>A. — Vitesse maxi- mum actuellement en usage :</b>							
20 km.	7	440	3	97	10	537	
25 »	2	119	3	113	5	232	
30 »	11	1009	8	2914	19	3923	
35 »	5	317	4	322	9	639	
40 »	4	292	3	60	7	352	
50 »	2	186	1	98	3	284	
50-70 »	2	247	—	—	2	247	
	33	2610	22	3604	55	6214	
<b>B. — La vitesse maxi- mum actuellement employée devrait être portée de :</b>							
20 à 25 km.			1	17	1	17	
20 » 30 »	1	23	1	65	2	88	
20 et 30 » 35 »	2	236	1	2501	3	2737	
20, 25, 30 et 35 » 40 »	5	382	1	148	6	530	
30, 35 et 40 » 45 »	1	133	2	130	3	263	
37 et 40 » 50 »	1	148	3	143	4	291	
40 et 50 » 60 »	3	216	—	—	3	216	
60 » 65 »	1	32	—	—	1	32	
	14	1170	9	3004	23	4174	
<b>C. — Ne préconisent pas une élévation de la vitesse maximum :</b>							
20 km.	3	143	1	15	4	158	
25 »	1	7	3	113	4	120	
30 »	8	778	7	305	15	1083	
35 »	3	37	1	69	4	106	
40 »	3	260	—	—	3	260	
50-70 »	1	275	1	98	2	313	
	19	1440	13	600	32	2040	
<b>B + C. — Vitesse maxi- mum préférée :</b>							
20 km.	3	143	1	15	4	158	30-40 km. — 33 réseaux d'une longueur d'ex- ploitation de 4804 km.
25 »	1	7	4	130	5	137	
30 »	9	801	8	370	17	1171	
35 »	5	273	2	2570	7	2843	
40 »	8	642	1	148	9	790	
45 »	1	133	2	130	3	263	
50 »	1	148	3	143	4	291	
60 »	3	216	—	—	3	216	
65 »	1	32	—	—	1	32	
50-70 »	1	215	1	98	2	313	
	33	2610	22	3604	55	6214	

TABLEAU II.

Chemins de fer d'intérêt local.

b) Vitesse maximum sur route en pleine campagne.

Vitesse maximum.  km. par heure.	Réseaux à écartement normal.		Réseaux à écartement réduit.		Somme des réseaux à écartement normal et à écartement réduit.		Remarques.
	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	
<b>A. — Vitesse maximum actuellement en usage :</b>							
10 »	1	8	—	—	1	8	
15 »	4	174	2	46	6	220	
20 »	10	521	5	182	15	703	
25 »	2	331	3	208	5	539	
30 »	4	639	3	272	7	911	
35 »	—	—	1	104	1	104	
	21	1673	14	812	35	2485	
<b>B. — La vitesse maximum actuellement employée devrait être portée de :</b>							
22 et 25 à 30 km.	7	410	2	134	9	544	
20 et 30 » 35 »	2	249	1	98	3	347	
20 » 40 »	1	56	—	—	1	56	
	10	715	3	232	13	947	
<b>C. — Ne préconisent pas une élévation de la vitesse maximum :</b>							
10 km.	1	8	—	—	1	8	
15 »	4	174	2	46	6	220	
20 »	3	168	2	31	5	199	
25 »	—	—	2	92	2	92	
30 »	3	608	2	174	5	782	
35 »	—	—	1	104	1	104	
	11	958	9	447	20	1405	
<b>B + C. — Vitesse maximum préférée :</b>							
10 km.	1	8	—	—	1	8	
15 »	4	174	2	46	6	220	
20 »	3	168	2	31	5	199	
25 »	—	—	2	92	2	92	
30 »	10	1018	4	308	14	1326	
35 »	2	249	2	202	4	451	
40 »	1	56	—	—	1	56	
	21	1673	12	679	33	2352	
							30-35 km., — 18 réseaux d'une longueur d'ex- ploitation de 1777 km.

TABLEAU III.

Chemins de fer d'intérêt local.

c) Vitesse maximum sur route dans les artères peu bâties des agglomérations.

Vitesse maximum.  km. par heure.	Réseaux à écartement normal.		Réseaux à écartement réduit.		Somme des réseaux à écartement normal et à écartement réduit.		Remarques.
	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	
A. — Vitesse maxi- mum actuellement en usage :  10 km. 12 » 15 » 20 » 25 »							
	1	—	3	193	4	193	
	4	472	2	219	6	691	
	6	623	2	58	8	681	
	3	122	2	61	5	183	
	1	219	—	—	1	219	
	15	1436	9	531	24	1967	
B. — La vitesse maxi- mum actuellement employée devrait être portée de :  10 et 12 à 15 km. 10, 12 et 15 » 20 » 12 et 20 » 25 » 25 » 35 »							
	1	208	2	190	3	398	
	3	51	1	98	4	149	
	2	30	—	—	2	30	
	1	219	—	—	1	219	
	7	588	3	288	10	796	
C. — Ne préconisent pas une élévation de la vitesse maximum :  10 km. 12 » 15 » 20 »							
	—	—	2	124	2	124	
	1	211	—	—	1	211	
	5	595	2	58	7	653	
	2	122	2	61	4	183	
	8	928	6	243	14	1171	
B + C. — Vitesse maxi- mum préférée :  10 km. 12 » 15 » 20 » 25 » 35 »							15-20 km., — 13 réseaux d'une longueur d'ex- ploitation de 1383 km.
	—	—	2	124	2	124	
	1	211	—	—	1	211	
	6	803	3	248	10	1051	
	5	173	4	159	8	332	
	2	30	—	—	2	30	
	1	219	—	—	1	219	
	15	1436	9	531	24	1967	



TABLEAU IV.

Chemins de fer d'intérêt local.

d) Vitesse maximum sur route dans les artères complètement bâties des agglomérations

Vitesse maximum.  km. par heure.	Réseaux à écartement normal.		Réseaux à écartement réduit.		Somme des réseaux à écartement normal et à écartement réduit.		Remarques.
	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	
A. — Vitesse maxi- mum actuellement en usage :							
5-6 km.	6	679	1	69	7	748	
8 »	2	247	—	—	2	247	
10 »	2	92	4	2745	6	2837	
11 »	1	148	2	105	3	253	
12 »	1	30	2	98	3	128	
15 »	3	378	1	53	4	431	
	15	1574	10	3070	25	4644	
B. — La vitesse maxi- mum actuellement employée devrait être portée de :							
5, 6 et 8 à 10 km.	2	231	1	69	3	300	
6 et 10 » 12 »	2	28	1	2501	3	2529	
6 et 11 » 15 »	2	204	2	105	4	309	
12 » 20 »	1	30	—	—	1	30	
	7	493	4	2675	11	3168	
C. — Ne préconisent pas une élévation de la vitesse maximum :							
5-6 km.	2	506	—	—	2	506	
8 »	1	39	—	—	1	39	
10 »	1	92	3	245	4	337	
12 »	—	—	2	98	2	98	
15 »	2	341	1	52	3	393	
	6	978	6	395	12	1373	
B + C. — Vitesse maxi- mum préférée :							
5-6 km.	2	506	—	—	2	506	10-15 km. — 19 réseaux d'une longueur d'ex- ploitation de 3986 km.
8 »	1	39	—	—	1	39	
10 »	3	323	4	314	7	637	
12 »	2	28	3	2599	5	2627	
15 »	4	545	3	157	7	702	
20 »	1	30	—	—	1	30	
	13	1471	10	3070	23	4541	

TABEAU V.

Tramways.

a) *Vitesse maximum sur siège spécial.*

Vitesse maximum.  km. par heure.	Réseaux à écartement normal.		Réseaux à écartement réduit.		Somme des réseaux à écartement normal et à écartement réduit.		Remarques.
	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	
<b>A. — Vitesse maxi- mum actuellement en usage :</b>							
20 km.	1	5	5	80	6	85	
25 »	3	285	4	141	7	426	
30 »	4	355	3	188	7	543	
35 »	2	140	—	—	2	140	
40 »	1	71	—	—	1	71	
	11	856	12	409	23	1265	
<b>B. — La vitesse maxi- mum actuellement employée devrait être portée de :</b>							
20 à 25 km.	—	—	1	7	1	7	
20 et 25 » 30 »	2	51	4	111	6	162	
30 » 35 »	1	217	—	—	1	217	
30 » 40 »	1	162	3	189	4	351	
35 » 45 »	1	39	—	—	1	39	
40 » 50 »	1	71	—	—	1	71	
	6	540	8	307	14	847	
<b>C. — Ne préconisent pas une élévation de la vitesse maximum :</b>							
20 km.	—	—	2	34	2	34	
25 »	1	21	2	68	3	89	
30 »	3	193	—	—	3	193	
35 »	1	102	—	—	1	192	
	5	316	4	102	9	418	
<b>B + C. — Vitesse maxi- mum préférée :</b>							
20 km.	—	—	2	34	2	34	30-40 km., — 15 réseaux d'une longueur d'ex- ploitation de 1025 km.
25 »	1	21	3	75	4	96	
30 »	5	244	4	111	9	355	
35 »	2	319	—	—	2	319	
40 »	1	162	3	189	4	351	
45 »	1	39	—	—	1	39	
50 »	1	71	—	—	1	71	
	11	856	12	409	23	1265	

TABLEAU VI.

Tramways.

b) *Vitesse maximum sur route en pleine campagne.*

Vitesse maximum.  km. par heure.	Réseaux à écartement normal.		Réseaux à écartement réduit.		Somme des réseaux à écartement normal et à écartement réduit.		Remarques.
	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	
<b>A. — Vitesse maxi- mum actuellement en usage :</b>							
15 km.	—	—	2	96	2	96	
18 »	3	179	2	68	5	247	
20 »	3	128	12	236	15	364	
22 »	2	102	—	—	2	102	
25 »	5	508	5	209	10	717	
30 »	3	163	2	38	5	201	
35 »	—	—	1	15	1	15	
	16	1080	24	662	40	1742	
<b>B. — La vitesse maxi- mum actuellement employée devrait être portée de :</b>							
15 à 20 km.	—	—	1	71	1	71	
20 et 22 » 25 »	1	46	7	190	8	236	
20 et 25 » 30 »	4	455	5	162	9	217	
30 » 40 »	1	24	—	—	1	24	
	6	525	13	423	19	948	
<b>C. — Ne préconisent pas une élévation de la vitesse maximum :</b>							
15 km.	—	—	1	25	1	25	
18 »	3	179	2	68	5	247	
20 »	2	57	3	31	5	88	
22 »	1	56	—	—	1	56	
25 »	2	124	2	62	4	186	
30 »	2	139	2	38	4	177	
35 »	—	—	1	15	1	15	
	10	555	11	239	21	794	
<b>B + C. — Vitesse maxi- mum préférée :</b>							
15 km.	—	—	1	25	1	25	25-30 km., — 25 réseaux d'une longueur d'ex- ploitation de 1216 km.
18 »	3	179	2	68	5	247	
20 »	2	57	4	102	6	159	
22 »	1	56	—	—	1	56	
25 »	3	170	9	252	12	422	
30 »	6	594	7	200	13	794	
35 »	—	—	1	15	1	15	
40 »	1	24	—	—	1	24	
	16	1030	24	662	40	1742	

TABEAU VII.

Tramways.

c) Vitesse maximum sur route dans les artères peu bâties des agglomérations.

Vitesse maximum.  km. par heure.	Réseaux à écartement normal.		Réseaux à écartement réduit.		Somme des réseaux à écartement normal et à écartement réduit.		Remarques.
	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	
A. — Vitesse maxi- mum actuellement en usage :							
10 km.	—	—	1	40	1	40	
12 »	—	—	4	56	4	56	
15 »	5	281	14	223	16	504	
18 »	4	183	4	105	8	288	
20 »	9	708	4	162	13	870	
25 »	4	162	1	15	5	177	
30 »	1	37	1	23	2	60	
	23	1371	26	624	49	1995	
B. — La vitesse maxi- mum actuellement employée devrait être portée de :							
10 et 12 à 15 km.	—	—	2	53	2	53	
15 » 18 »	—	—	1	15	1	15	
12, 15, 16 et 18 » 20 »	—	—	7	166	7	166	
20 » 25 »	2	288	2	13	4	301	
	2	288	12	247	14	535	
C. — Ne préconisent pas une élévation de la vitesse maximum :							
12 km.	—	—	2	35	2	35	
15 »	5	281	8	154	13	435	
18 »	4	183	—	—	4	183	
20 »	7	419	2	150	9	569	
25 »	—	—	1	15	1	15	
30 »	1	37	1	23	2	60	
	17	920	14	377	31	1297	
B + C. — Vitesse maxi- mum préférée :							
12 km.	—	—	2	35	2	35	15-20 km., — 26 réseaux d'une longueur d'ex- ploitation de 1421 km.
15 »	5	281	10	207	15	488	
18 »	4	183	1	15	5	198	
20 »	7	419	9	316	16	735	
25 »	2	288	3	28	5	316	
30 »	1	37	1	23	2	60	
	19	1208	26	624	45	1832	

TABLEAU VIII.

Tramways.

d) *Vitesse maximum sur route dans les artères complètement bâties des agglomérations.*

Vitesse maximum.  km. par heure.	Réseaux à écartement normal.		Réseaux à écartement réduit.		Somme des réseaux à écartement normal et à écartement réduit.		Remarques.
	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	Nombre.	Longueur d'exploitation en km.	
A. — Vitesse maxi- mum actuellement en usage :							
6 km.	—	—	1	7	1	7	
8 »	—	—	3	33	3	33	
10 »	2	62	4	86	6	148	
12 »	4	348	9	169	13	517	
15 »	10	693	10	331	20	1024	
18 »	1	35	1	15	2	50	
20 »	2	153	—	—	2	153	
25 »	—	—	1	10	1	10	
	19	1291	29	651	48	1942	
H. — La vitesse maxi- mum actuellement employée devrait être portée de :							
12 à 14 km.	—	—	1	60	1	60	
6, 10 et 12 » 15 »	2	102	3	24	5	126	
12 » 16 »	—	—	1	8	1	8	
15 » 18 »	—	—	2	54	2	54	
15 » 20 »	1	217	—	—	1	217	
	3	319	7	146	10	465	
C. — Ne préconisent pas une élévation de la vitesse maximum :							
8 km.	—	—	3	33	3	33	
10 »	2	62	3	77	5	139	
12 »	2	246	6	94	8	340	
15 »	9	476	8	276	17	752	
18 »	1	35	1	15	2	50	
20 »	2	153	—	—	2	153	
25 »	—	—	1	10	1	10	
	16	972	22	505	38	1477	
B + C. — Vitesse maxi- mum préférée :							
8 km.	—	—	3	33	3	33	10-20 km., - 44 réseaux d'une longueur d'ex- ploitation de 1899 km.
10 »	2	62	3	77	5	139	
12 »	2	246	6	94	8	340	
14 »	—	—	1	60	1	60	
15 »	11	578	11	300	22	878	
16 »	—	—	1	8	1	8	
18 »	1	35	3	69	4	104	
20 »	3	370	—	—	3	370	
25 »	—	—	1	10	1	10	
	19	1291	29	651	48	1942	

## **Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'Intérêt local**

(INTERNATIONALER STRASSENBAHN- UND KLEINBAHN-VEREIN)

---

### **COMITÉ DE DIRECTION :**

**Président :** JANSSEN, LÉON, Administrateur, Directeur Général de la Société anonyme « Les Tramways Bruxellois », Bruxelles, Impasse du Parc, 6.

**Vice-Présidents :** KOEHLER, Regierungsrat a. D., Direktor der Grossen Berliner Strassenbahn-Gesellschaft, Berlin, Leipzigerplatz, 14.  
ZIFFER, E.-A., Präsident der Bukowinaer Lokalbahnen, Wien, Opernring, 5.

**Membres :** BROCA, G., Ingénieur, Directeur de l'exploitation et des services techniques des Tramways de Paris et du Département de la Seine, Paris, boulevard Malesherbes, 178.  
DE BURLET, C., Directeur Général de la Société nationale des Chemins de fer vicinaux, Bruxelles, 14, rue de la Science.  
GÉRON, H., Direktor der « Kölnischen Strassenbahn-Gesellschaft (in Liqu.) », Bruxelles, 30, boulevard Botanique.  
HÄHNER, Direktor der Strassburger Strassenbahn-Gesellschaft, Strassburg.  
KESSELS, J., Directeur de la Société Générale de Chemins de fer économiques, Bruxelles, rue de Livourne, 37.  
LAVALARD, E., Administrateur-Délégué de la Compagnie Générale des Omnibus, Paris, avenue de Villiers, 87.  
POETZ, F., Direktor der Strassen-Eisenbahn-Gesellschaft in Hamburg, Hamburg, Falkenried, 7.  
THONET, CH., Directeur Général de la Société d'Entreprise générale de Travaux, Liège, 64, boulevard de la Sauvenière.  
VON PIRCH, E., Direktor der Elektrischen Strassenbahn Barmen-Elberfeld, Elberfeld.

**Secrétaire Général :** T'SERSTEVENS, P., Ingénieur, Bruxelles, Impasse du Parc, 6.

---

# LISTE DES MEMBRES

1<sup>er</sup> JANVIER 1907

---

## Membres d'honneur :

FISCHER-DICK, Kgl. Preuss. Baurat, ehemaliger Vizepräsident des Internationalen Vereins	<b>Wiesbaden</b> , Bierstädterstrasse, 25.
NONNENBERG, F., Directeur de la Compagnie générale des Chemins de fer secondaires, ancien Secrétaire Général de l'Union internationale	<b>Bruxelles</b> , rue Potagère, 85.
RADICE, ancien Président de l'Association ita- lienne de Tramways	<b>Milan</b> , Viale Solferino, 11.
SCHADD, ancien membre du Comité de Direction de l'Union Internationale	<b>La Haye</b> , Koningskade, 21.
VERSPIJK, Président de l'Association néerlan- daise de Tramways	<b>La Haye</b> , Perponcherstraat, 136.
WILSON, SIR C. RIVERS, G. C. M. G., C. B., Past-President of the Tramways and Light Railways Association	<b>London E. C.</b> , Dashwood House.

---

## A. Membres effectifs

### Allemagne.

Aachener Kleinbahn-Gesellschaft	<b>Aachen</b> , Adalbertsteinweg, 59.
Augsburger Elektrische Strassenbahn A.-G.	<b>Augsburg</b> .
Elektrische Strassenbahn Bamberg A.-G.	<b>Bamberg</b> .
Barmer Bergahn	<b>Barmen</b> , Cleferstrasse, 36.
Allgemeine Deutsche Kleinbahn-Gesellschaft	<b>Berlin W.</b> , Linkstrasse 19.
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (Bahn-Abtei- lung)	<b>Berlin N. W.</b> , Friedrich Karl-Ufer, 2-4.
Allgemeine Lokal- und Strassenbahn-Gesellschaft	<b>Berlin N. W.</b> , Luisenstrasse, 29.
Brandenburger Strassenbahn (Havestadt, Con- tag & Cie)	<b>Berlin W.</b> , Berlinerstrasse, 157.
Central-Verwaltung für Strassenbahnen (Hermann Bachstein)	<b>Berlin S. W.</b> , Grossbeerenstr, 88-89.
Deutsch-Ueberseeische Elektrizitäts-Gesellschaft	<b>Berlin W.</b> , Französische Strasse, 63-65.

- Gesellschaft für elektrische Unternehmungen  
 Grosse Berliner Strassenbahn  
 Siemens & Halske A.-G. (Abteilung für elektrische Bahnen)  
 Strassen-Eisenbahn-Gesellschaft in Braunschweig  
 Bremer Strassenbahn  
 Breslauer Strassen-Eisenbahn-Gesellschaft  
 Grosse Casseler Strassenbahn A.-G.  
 Städtische Strassenbahnen Cöln  
 Westdeutsche Eisenbahn-Gesellschaft  
 Crefelder Strassenbahn A.-G.  
 Dessauer Strassenbahn-Gesellschaft  
 Städtische Strassenbahn  
 Elektra A.-G.  
 Städtische Strassenbahn Dresden  
 Rheinische Bahn-Gesellschaft  
 Städtische Strassenbahnen Düsseldorf  
 Bergische Kleinbahnen  
 Elektrische Strassenbahn Barmen-Elberfeld  
 Erfurter elektrische Strassenbahn  
 Aktien-Gesellschaft für Bahn-Bau und -Betrieb  
 Frankfurter Lokalbahn Aktien-Gesellschaft  
 Städtische Strassenbahn Frankfurt a. M.  
 Hagener Strassenbahn  
 Strassen-Eisenbahn-Gesellschaft in Hamburg  
 Strassenbahn Hannover A.-G.  
 Heidelberger Strassen- und Bergbahn A.-G.  
 Schlesische Kleinbahn A.-G.  
 Magistrat der Königl. Haupt- und Residenzstadt Königsberg  
 Grosse Leipziger Strassenbahn  
 Leipziger elektrische Strassenbahn  
 Elektrizitätswerke Liegnitz A.-G.  
 Magdeburger Strassen-Eisenbahn-Gesellschaft  
 Städtische Strassenbahnen Mannheim  
 Städtische Elektrizitätswerke und Strassenbahnen  
 Münchener Trambahn A.-G.  
 Continentale Gesellschaft für elektrische Unternehmungen  
 Elektrizitäts A.-G. vorm. Schuckert & Co  
 Stadtmagistrat Nürnberg  
 Sächsische Strassenbahn-Gesellschaft  
 Magistrat der Residenzstadt Potsdam  
 Remscheider Strassenbahn-Gesellschaft  
 Kreis Ruhrorter Strassenbahn  
 Solinger Kleinbahn Aktiengesellschaft  
 Stettiner Strassen-Eisenbahn-Gesellschaft  
 Strassburger Strassenbahn-Gesellschaft  
 Stuttgarter Strassenbahnen  
 Niederschlesische Elektrizitäts- und Kleinbahn-A.-G.  
 Magistrat Wiesbaden  
 Zwickauer Elektrizitätswerk und Strassenbahn-Gesellschaft  
 Berlin N. W., Dorotheenstrasse, 45.  
 Berlin W., Leipzigerplatz, 14.  
 Berlin S. W., Askanischer Platz, 3.  
 Braunschweig.  
 Bremen, Am Wall, 109.  
 Breslau, Herrenstrasse, 28.  
 Cassel.  
 Cöln, Rathaus.  
 Cöln.  
 Crefeld, Rheinstrasse, 23.  
 Dessau.  
 Dortmund.  
 Dresden.  
 Dresden, Georgplatz, 3.  
 Düsseldorf, Jacobistrasse, 1.  
 Düsseldorf, Rathaus.  
 Elberfeld, Wülfratherstrasse, 60.  
 Elberfeld.  
 Erfurt, Magdeburgerstrasse, 38.  
 Frankfurt a. M., Moselstrasse, 2.  
 Frankfurt a. M., Bleichstrasse, 30.  
 Frankfurt a. M., 17, Neue Mainzerstr.  
 Hagen i. W.  
 Hamburg, Falkenried, 7.  
 Hannover, Ihmestrasse, 6.  
 Heidelberg, Bergheimerstrasse, 4.  
 Kattowitz.  
 Königsberg.  
 Leipzig, Zeitzerstrasse, 6b.  
 Leipzig, Wittenbergerstrasse, 4.  
 Liegnitz.  
 Magdeburg, Alte Ulrichstrasse, 10.  
 Mannheim.  
 Metz.  
 München, Aeussere Wienerstrasse, 22.  
 Nürnberg.  
 Nürnberg.  
 Nürnberg.  
 Plauen i/V.  
 Potsdam.  
 Remscheid.  
 Ruhrort.  
 Solingen, Kaiserstrasse, 318.  
 Stettin, Oberwiek, 86/89.  
 Strassburg.  
 Stuttgart, Hauptstätterstrasse, 153.  
 Waldenburg i. Schl.  
 Wiesbaden.  
 Zwickau i. Sa.



## Autriche.

Gesellschaft der Brünner elektrischen Strassenbahnen	<b>Brünn</b> , Endstation Schreibwald.
Bukowinaer Localbahnen	<b>Czernowitz</b> , Herrengasse, 42.
Czernowitzer Elektrizitätswerk und Strassenbahngesellschaft	<b>Czernowitz</b> .
Grazer Tramway-Gesellschaft	<b>Graz</b> , Steyrergasse, 114.
Krakauer Tramway-Gesellschaft	<b>Krakau</b> .
Städtische Elektrizitätswerke	<b>Lemberg</b> .
Tramway- und Elektrizitäts-Gesellschaft Linz-Urfahr	<b>Linz a. D.</b>
Elektrische Kleinbahn Prag-Lieben-Vysocan	<b>Prag. - Karolinenthal</b> , Königstr. 131.
Elektrische Unternehmungen der Stadt Prag	<b>Prag</b> .
Triestina Tramway-Gesellschaft	<b>Triest</b> , Guardiella, 8.
Gemeinde Wien, Städtische Strassenbahnen	<b>Wien. IV</b> , Favoriten Strasse, 9.
Wiener Lokalbahnen	<b>Wien</b> , Regierungsgasse, 4.
Verband der österreichischen Lokalbahnen	<b>Wien I</b> , Pestallozigasse, 6.

## Belgique.

Antwerpsche Maatschappij voor den Dienst van Buurtspoorwegen	<b>Anvers-Zurenborg</b> .
Chemin de fer vicinal Anvers - Berg-op-Zoom-Tholen	<b>Anvers</b> , rue des Agneaux, 32.
Compagnie Générale des Tramways Anversois	<b>Anvers</b> , boulevard Léopold, 29.
Société hispano-belge de Chemins de fer et de Tramways	<b>Anvers</b> , avenue des Arts, 71.
Union Anversoise de Tramways et d'Entreprises électriques	<b>Anvers</b> , avenue des Arts, 71.
Compagnie Générale de Chemins de fer secondaires	<b>Bruxelles</b> , rue de l'Industrie, 33.
Compagnie Générale de Railways et d'Electricité	<b>Bruxelles</b> , rue du Congrès, 33.
Compagnie mutuelle de Tramways	<b>Bruxelles</b> , rue du Marais, 31.
Les Tramways Bruxellois	<b>Bruxelles</b> , impasse du Parc, 6.
Société anonyme de Transports urbains et vicinaux	<b>Bruxelles</b> , rue de Stassart, 60.
Société anonyme « Les Tramways Verviétois »	<b>Bruxelles</b> , rue Royale, 156.
Société financière de Transports et d'Entreprises industrielles	<b>Bruxelles</b> , rue du Commerce, 56.
Société Générale des Chemins de fer économiques	<b>Bruxelles</b> , rue de Namur, 54.
Société nationale des Chemins de fer vicinaux	<b>Bruxelles</b> , rue de la Science, 14.
Société pour l'Exploitation de Voies ferrées en Belgique	<b>Bruxelles</b> , rue de l'Industrie, 33.
Société pour l'exploitation du Chemin de fer vicinal de Bruxelles à la Petite-Espinette	<b>Bruxelles</b> , rue Eloy, 40.
Trust Franco-Belge de Tramways et d'Electricité	<b>Bruxelles</b> , avenue des Arts, 9.
Union des Tramways	<b>Bruxelles</b> , rue des Minimes, 27.
Tramways Electriques de Gand	<b>Bruxelles</b> , rue de l'Enseignement, 91.
Société anonyme des Chemins de fer vicinaux du Centre	<b>La Louvière</b> .
Société anonyme d'Entreprise générale de Travaux	<b>Liège</b> , boulevard de la Sauvenière, 64.
Société anonyme des Tramways Est-Ouest de Liège et Extensions	<b>Liège</b> .

Société anonyme des Tramways Liégeois	<b>Liège</b> , rue Saint-Léonard, 377.
Société des Railways économiques Liège-Seraing et Extensions	<b>Liège</b> , rue des Augustins, 43.
Société Générale de Tramways et d'Applications d'Electricité	<b>Liège</b> , boulevard de la Sauvenière, 64.
Société anonyme pour l'Exploitation de Chemins de fer vicinaux	<b>Louvain</b> , chaussée de Diest.

## **Bulgarie.**

Tramways électriques de Sofia	<b>Sofia</b> .
-------------------------------	----------------

## **Chine.**

Compagnie des Tramways et d'Eclairage de Tientsin	<b>Tientsin</b> , Victoria Road.
---	----------------------------------

## **Danemark.**

Aktieselskabst « De Kjobenhvanske Sporveje »	<b>Copenhagen</b> , Kristiangade, 1.
--	--------------------------------------

## **Egypte.**

Société anonyme des Tramways d'Alexandrie	<b>Alexandrie</b> .
Société anonyme des Tramways du Caire	<b>Caire</b> , boulevard du Musée Egyptien (Kasr-el-Nil).
Société anonyme des Chemins de fer de la Basse-Egypte	<b>Mansourah</b> .

## **Espagne.**

Tramways de Barcelone à San Andres et Extensions	<b>Barcelone</b> , Calle Mende Nunez, 8.
Société générale de Tramways électriques en Espagne	<b>Bruxelles</b> , rue de Namur, 54.
Compania Eléctrica Madrileña de Traccion	<b>Madrid</b> , Calle Alcantera.
Tranvia del Norte de Madrid	<b>Madrid</b> , Santa Engrazia, 17.
Compagnie d'Electricité et de Traction en Espagne	<b>Paris</b> , rue des Capucines, 21.
Compania del Tranvia de San Sebastian	<b>Saint-Sébastien</b> .
Compania de los Tranvias Eléctricos de Granada	<b>Zaragoza</b> , Calle de la Independencia.
Tranvias de Zaragoza	<b>Zaragoza</b> .

## **Etats-Unis d'Amérique.**

American Street and Interurban Railway Association	<b>New-York</b> , Wall Street, 60.
--	------------------------------------

## France.

Société anonyme des Tramways d'Amiens	<b>Amiens.</b>
Société anonyme des Chemins de fer économiques du Nord	<b>Anzin.</b>
Compagnie des Tramways de Bayonne à Biarritz	<b>Bayonne.</b>
Compagnie française des Tramways électriques et Omnibus de Bordeaux	<b>Bordeaux</b> , rue du Commandant Marchand.
Société des Tramways électriques de Boulogne-sur-Mer	<b>Boulogne-s/Mer</b> , 30, boulevard Daulou.
Compagnie nouvelle des Tramways de Lyon à Neuville et Extensions	<b>Fontaines-sur-Saône.</b>
Compagnie des Omnibus et Tramways de Lyon	<b>Lyon</b> , quai de l'Hôpital, 1.
Compagnie des Tramways de Nice et du Littoral	<b>Nice.</b>
Compagnie des Tramways de l'Est Parisien	<b>Les Lilas</b> (Seine), rue Floréal.
Compagnie du Chemin de fer sur route de Paris à Arpajon	<b>Paris</b> , rue Beaunier, 68.
Compagnie française de Tramways (Indo-Chine)	<b>Paris</b> , rue Saint-Lazare, 28.
Compagnie Générale des Omnibus	<b>Paris</b> , rue Pierre Haret, 3/5.
Compagnie Générale Française de Tramways	<b>Paris</b> , rue de Londres, 29.
Compagnie Générale Parisienne de Tramways	<b>Paris</b> , boulevard Montparnasse, 85.
Les Tramways de Paris et du Département de la Seine	<b>Paris</b> , rue de Londres, 19.
Omnium Lyonnais de Chemins de fer et de Tramways	<b>Paris</b> , rue d'Athènes, 20.
Société Continentale de Traction et d'Eclairage par l'Electricité	<b>Paris</b> , rue Caumartin, 60.
Société des voies ferrées du Dauphiné	<b>Paris</b> , rue Auber, 19.
Société des Chemins de fer du Périgord	<b>Périgueux.</b>
Compagnie des Tramways de Reims	<b>Reims</b> , avenue de Laon, 258.
Compagnie des Tramways de Rouen	<b>Rouen</b> , place de la République.
Société des Chemins de fer et Tramways du Var et du Gard	<b>Toulon.</b>

## Hollande.

Batavia Elektrische Tram Maatschappij	<b>Amsterdam</b> , Heerengracht, 259.
Gemeente-Tram Amsterdam	<b>Amsterdam.</b>
Noord-Hollandsche Tramweg-Maatschappij	<b>Amsterdam.</b>
Zuider Stoomtramweg-Maatschappij	<b>Breda.</b>
Tramweg-Maatschappij « de Meijerij »	<b>Eindhoven.</b>
Elektrische Spoorweg Maatschappij	<b>Haarlem.</b>
Nederlandsche Tramweg-Maatschappij	<b>Heerenveen.</b>
Noord - Zuid - Hollandsche Stoomtramweg - Maatschappij	<b>Hillegom.</b>
Haagsche Tramweg-Maatschappij	<b>La Haye</b> , Korte Voorhout, 12.
Samarang-Joana Stoomtram Maatschappij	<b>La Haye</b> , Coenstraat, 4/6.
Westlandsche Stoomtramweg-Maatschappij	<b>Loosduinen.</b>
Rotterdamsche Tramweg-Maatschappij	<b>Rotterdam</b> , Rosestraat, 3a.
Gooische Stoomtram	<b>Watergraafsmeer.</b>
Stoomtramweg Maatschappij Oldambt-Pekela	<b>Winschoten .</b>

## Hongrie.

Arader Strassenbahn-Gesellschaft	<b>Arad.</b>
Budapester elektrische Stadtbahn A.-G.	<b>Budapest VII</b> , Kertész utca, 10.
Budapest-Neupest-Rakospalotaer elektrische Strassenbahn A.-G.	<b>Budapest</b> , Leopoldring, 22.
Budapester Strassen-Eisenbahn-Gesellschaft	<b>Budapest V</b> , Lipót-Körut, 22.
Budapester Szentlőrinczer elektrische Kleinbahn	<b>Budapest VII</b> , Kertész utca 10.
Temeswarer Strassen-Eisenbahn-Gesellschaft	<b>Temeswar.</b>

## Italie.

Tramways à vapeur de la Province d'Alexandrie	<b>Alessandria.</b>
Società per le Ferrovie Economiche Bari-Barletta e diramazioni	<b>Bari.</b>
Tramvie a vapore Bologna-Pieve di Cento-Malalbergo	<b>Bologna</b> , Via Maranesa, 42.
Tramways à vapeur della Provincia di Brescia	<b>Brescia.</b>
Compagnie Italo-Belge des Tramways électriques de Vérone	<b>Bruxelles</b> , rue des Champs-Élysées, 61.
Société anonyme des Chemins de fer de l'Appennin Central	<b>Bruxelles</b> , rue des XII Apôtres, 32.
Société anonyme des Chemins de fer de Tessin	<b>Bruxelles</b> , rue des XII Apôtres, 32.
Société anonyme des Tramways de Bologne	<b>Bruxelles</b> , rue du Commerce, 56.
Société anonyme des Tramways de Livourne	<b>Bruxelles</b> , place de la Liberté.
Société anonyme des Tramways provinciaux de Naples	<b>Bruxelles</b> , rue de la Révolution, 1.
Société anonyme de Tramways et Chemins de fer économiques (Rome, Milan, Bologne, etc.)	<b>Bruxelles</b> , boulevard du Nord, 144.
Société des Tramways à vapeur des Provinces de Vérone et Vicence	<b>Bruxelles</b> , boulevard du Nord, 144.
Società dei Tramways Fiorentini	<b>Firenze</b> , Ponte alla Mosse.
Unione Italiana Tramways Electrici	<b>Genova</b> , Via Bobbio, 28.
Associazione Tramviaria Italiana	<b>Milano</b> , Viale di Porta Romana, 40.
Commune di Milano	<b>Milano.</b>
Deputazione Provinciale di Milano	<b>Milano</b> , Via Monforte, 31.
Società anonima per le Ferrovie Nord-Milano	<b>Milano.</b>
Società Generale Italiana Edison di Eletticità	<b>Milano</b> , Via Tommaso Grossi, 2.
The Lombardy Road Railways Company Limited	<b>Milano</b> , Via Carlo Farini . 9.
Tramways interprovinciali Milano-Bergamo-Cremona	<b>Milano</b> , Viale di Porta Romana, 40.
Unione Italiana delle Ferrovie d'Interesse Locale et di Tramvie	<b>Milano</b> , Via S. Giovanni sul Muro, 25.
Ferrovie del Vomero	<b>Napoli.</b>
Ferrovia Napoli-Nola-Bajano e diramazioni	<b>Napoli.</b>
Tramways Napoletani	<b>Napoli.</b>
Società Sicula Imprese Elettriche	<b>Palermo.</b>
Società Nazionale di Ferrovie e Tramvie	<b>Roma</b> , Piazza SS. Apostoli, 49.
Società Romana Tramways Omnibus	<b>Roma</b> , Piazza Grazioli, 5.
Società anonima Canavese per le Strada ferrata Torino-Cirié-Lanzo	<b>Torino</b> , Via Ponte Mosca, 13
Società Torinese di Tramways e Ferrovie economiche	<b>Torino</b> , Corso Regina Margherita, 114.

Tramways di Torino  
Società Varesina per Imprese Elettriche  
Società dei Tramways Vercellesi  
The Province of Vicenza Steam Tramways Company Limited

**Torino**, Corso Regina Margherita, 114.  
**Varese**.  
**Vercelli**.  
**Vicenza**, Campo Marzio, 15.

## Norvège.

Kristiania Elektriske Sporvei  
Kristiania Sporveisselskab

**Kristiania**, Valkyriegade, 21.  
**Kristiania**, Sporveisgade, 8.

## Perse.

Société anonyme des Chemins de fer et Tramways  
en Perse

**Bruxelles**, rue de la Victoire, 61.

## République Argentine.

Compagnie Générale des Tramways Electriques  
de Rosario

**Anvers**, avenue des Arts, 100.

## Roumanie.

Société anonyme des Tramways Unis de Bucarest

**Bruxelles**, rue de la Révolution, 1.

## Russie.

Société des Tramways d'Jekaterinoslaw  
Société des Tramways de Kazan  
Société des Tramways de Kiew  
Société des Tramways d'Odessa  
Tramways et Eclairage électriques de Saratov  
Helsingfors Sparvägs och Omnibus Aktie Bolaget  
Société des Tramways de Kharkoff  
Lodzer Elektrische Strassenbahn  
Société des Tramways de Moscou, 2<sup>me</sup> réseau  
Tramways municipaux de Moscou

**Bruxelles**, rue du Congrès, 14.  
**Bruxelles**, rue du Marais, 31.  
**Bruxelles**, rue du Marais, 31.  
**Bruxelles**, rue Royale, 156.  
**Bruxelles**, rue du Marais, 31.  
**Helsingfors** (Finlande).  
**Kharkoff**.  
**Lodz**, Tramwajowa, 6.  
**Moscou**, Dolgoroukofs Kaïa, 198.  
**Moscou**, Kousnetzky, Haus Gortschakoff.  
**Riga**, rue Alexandre, 31.  
**Rostoff sur le Don**.  
**Saint-Pétersbourg**, Sabalkansky Prospect, 10.  
**Tiflis**.  
**Varsovie**, 7, Sierakowska.

Aktien-Gesellschaft der Rigaer Strassenbahnen  
Compagnie des Tramways de Rostoff sur le Don  
Commission exécutive pour l'Exploitation et la  
Construction des Tramways municipaux de  
Saint-Pétersbourg  
Société des Tramways de Tiflis  
Administration des Tramways de Varsovie

## Serbie.

Société des Tramways de Belgrade

**Belgrade**.

## Suède.

Göteborgs Sparvägar  
Helsingborgs Stads Sparvägar  
Norrköpings Elektricitetsverk och Sparvägar  
Stockholms Nya Sparvägsaktiebolag

Göteborg.  
Helsingborg.  
Norrköping.  
Stockholm, Tegnersgatan, 2.

## Suisse.

Basler Strassenbahnen  
Städtische Strassenbahn Bern  
Städtische Strassenbahn Biel  
Compagnie Genevoise des Tramways Électriques  
Société des Tramways Lausannois  
Städtische Strassenbahn Luzern  
Compagnie du Chemin de fer Montreux-Oberland  
bernois  
Trambahn St-Gallen  
Limmathal Strassenbahn  
Städtische Strassenbahn Zürich

Basel.  
Bern, Bubenbergplatz, 12.  
Biel.  
Genève.  
Lausanne.  
Luzern.  
Montreux.  
St.-Gallen.  
Schlieren b. Zurich.  
Zürich, Hufgasse, 7.

## Turquie.

Société des Tramways de Constantinople  
Compagnie Ottomane des Tramways de Salonique

Constantinople.  
Salonique.

---

## B. Membres effectifs personnels

### Allemagne.

Busse, A., Oberingenieur der Grossen Berliner  
Strassenbahn  
Däge, Director der Schlesischen Kleinbahn A.-G.  
Geyl, J., Director der Strassen-Eisenbahn-Gesell-  
schaft Hamburg  
Hin, P., Stadtrat der Stadt Frankfurt  
Hueck, Mitglied des Verwaltungsrates der Bergi-  
schen Kleinbahnen  
Kayser, Direktor der städtischen Vorortbahnen  
Peiser, S., stellvertretender Director der Grossen  
Berliner Strassenbahn  
Poetz, F., Director der Strassen-Eisenbahn-Gesell-  
schaft Hamburg

Berlin W., Ansbacherstrasse 31<sup>1</sup>.  
Kattowitz.  
Hamburg, Falkenried, 7.  
Frankfurt a. M., Westendstrasse, 78.  
Elberfeld.  
Cöln.  
Berlin W., Schwäbischestrasse, 5.  
Hamburg, Falkenried, 7.

<b>Richter</b> , Director der Hamburg-Altonaer-Zentralbahn-Gesellschaft	<b>Altona.</b>
<b>Rötelmann</b> , Director der Süddeutschen Eisenbahn Gesellschaft	<b>Darmstadt</b> , Neckarstrasse.
<b>Rother</b> , Mitglied des Aufsichtsrates verschiedener Strassenbahn-Gesellschaften	<b>Berlin W.</b> , Potsdamerstrasse, 28.
<b>Schirp</b> , P., Ingenieur, Betriebsleiter der elektrischen Kleinbahn im Mansfelder Bergrevier	<b>Mansfeld.</b>
<b>Schröder</b> , C. W., Vorsitzender des Aufsichtsrates der Strassen Eisenbahn-Gesellschaft in Hamburg	<b>Hamburg</b> , Karlstrasse, 13.
<b>Siméon</b> , Betriebsdirektor der Aachener Kleinbahn-Gesellschaft	<b>Aachen</b> , Adalbertsteinweg, 50.
<b>Ulrich</b> , A., Königl. Baurat, Director der Strassen-Eisenbahn-Gesellschaft in Hamburg	<b>Hamburg</b> , Falkenried, 7.
<b>von Pirch</b> , E., Director der Elektrischen Strassenbahn Barmen-Elberfeld	<b>Elberfeld.</b>
<b>von Tippelskirch</b> , Director der Düsseldorf-Duisburger Kleinbahn Gesellschaft	<b>Düsseldorf</b> , Uhlandstrasse, 38.
<b>Wattmann</b> , J., Director der städtischen Strassenbahnen	<b>Cöln</b> , Weisbüttengasse 35/43.
<b>Wiedemann</b> , F., Generalkonsul a. D., Mitglied des Aufsichtsrates der Elektra-Aktiengesellschaft	<b>Dresden</b> , Antonstrasse, 1.

### Autriche.

<b>Berbalk</b> , Fr., Ingenieur der städtischen Strassenbahnen	<b>Wien XII</b> , Zenogasse, 23.
<b>Hassa</b> , P., Oberingenieur der städtischen Strassenbahnen	<b>Wien III</b> , Gemeindeplatz, 1.
<b>Hraba</b> , F., Stadtrat und Gemeinderat	<b>Wien</b> , Rathaus.
<b>Hradetzky</b> , O., Betriebsleiter der städtischen Strassenbahnen	<b>Wien IV</b> , Favoritenstrasse, 9.
<b>Lifka</b> , V., Oberinspektor der städtischen Strassenbahnen	<b>Wien IV</b> , Favoritenstrasse, 9.
<b>Neufeld</b> , J., Mitglied des Verwaltungsrates der elektrischen Kleinbahn Graz-Mariatrost	<b>Wien IV</b> , Eggerthgasse, 9.
<b>Reuss</b> , Dr. Wenzel, Magistrats-Sekretär	<b>Wien</b> Rathaus.
<b>Schuster</b> , Director der Lemberger Tramway-Gesellschaft	<b>Lemberg.</b>
<b>Spängler</b> , L., Director der städtischen Strassenbahnen	<b>Wien IV</b> , Favoritenstrasse, 9.
<b>Ullmann</b> G., Oberingenieur der städtischen Strassenbahnen	<b>Wien IV</b> , Favoritenstrasse, 9.
<b>von Czedik</b> , O. Freiherr, Mitglied des Verwaltungsrates der Buckowinaer Lokalbahnen	<b>Wien VI</b> , Magdalenenstrasse, 24.
<b>von Wolff</b> , Fr. Ritter, Ingenieur der städtischen Strassenbahnen	<b>Wien IV</b> , Favoritenstrasse, 9.
<b>Weiskirchner</b> , Dr. R., Magistrats-Direktor, Reichsrat-und Landtagsabgeordneter	<b>Wien</b> , Rathaus.
<b>Weis</b> , Dr. M., Magistratsrat	<b>Wien</b> , Rathaus.

## Belgique.

- Bataille, G.**, Ingénieur à la Société anonyme des Tramways Liégeois **Liège**, rue Saint-Léonard, 377.
- Biske, M.**, Ingénieur à la Société anonyme des Tramways Est-Ouest de Liège et Extensions **Liège**, quai d'Amercœur, 29.
- Collard, J.**, Ingénieur, Chef de l'exploitation des Tramways Liégeois **Herstal**, rue Hayeneux, 24.
- Cruysmans, H.**, Ingénieur à l' « Antwerpsche Maatschappij voor den Dienst van Buurtspoorwegen » **Anvers**, chaussée de Malines, 132.
- De Backer, H.**, Administrateur de diverses sociétés de Chemins de fer économiques et de Tramways **Bruxelles**, rue du Gouvernement provisoire, 32.
- de Burlet, Constantin**, Directeur-Général de la Société Nationale des Chemins de fer Vicinaux **Bruxelles**, rue de la Science, 14.
- De Lattre**, Concessionnaire du Tramway de Péruwelz **Péruwelz**.
- Delhayé, F.**, Administrateur délégué des Tramways à vapeur de la Province d'Alexandrie (Haute-Italie) **Bruxelles**, rue du Méridien, 48.
- De Rechter**, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État **Bruxelles**, avenue de la Toison d'Or, 7.
- d'Hoop, E.**, Directeur des services techniques des Tramways Bruxellois **Bruxelles**, rue Gachard, 80.
- Dugniolle, E.**, Directeur de l'exploitation des Tramways Bruxellois **Bruxelles**, impasse du Parc, 6.
- Dumonceau, H.**, Ingénieur de la Société anonyme d'Entreprise générale de Travaux **Liège**, boulevard de la Sauvenière, 64.
- Empain, Baron Ed.**, Administrateur des Tramways Bruxellois **Bruxelles**, rue de l'Enseignement, 91.
- Empain, F.**, Administrateur des Tramways Bruxellois **Bruxelles**, rue de l'Enseignement, 91.
- Franken, Ch.**, Attaché à la Société des Tramways d'Odessa **Bruxelles**, rue Royale, 156.
- Gerard, Ernest**, Administrateur au Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes **Bruxelles**, rue Beyaert, 12.
- Géron, H.**, Ingénieur, Directeur de la Société anonyme des Tramways de Cologne (en liquidation) **Bruxelles**, boulevard Botanique, 30.
- Gilbert, E.**, Commissaire de la Société des Tramways Bruxellois **Bruxelles**, avenue de Longchamps, 11.
- Grumiaux, F.**, Ingénieur **Bruxelles**, avenue de la Couronne, 124.
- Gruslin, A.**, Administrateur de différentes compagnies de tramways **Bruxelles**, avenue de la Couronne, 79.
- Guillon, F.**, Administrateur délégué de la Société des Chemins de fer et Tramways de Perse **Bruxelles**, rue de Facqz, 128.
- Hammelrath, P.**, Administrateur des Tramways d'Odessa **Bruxelles**, avenue des Germains, 10.
- Hamoir, L.**, Administrateur du Trust Franco-Belge de Tramways et d'Electricité **Bruxelles**, rue du Marquis, 2.
- Haps, J.**, Administrateur des Tramways de Livourne **Bruxelles**, chaussée de Charleroi, 158.
- Henrion, A.**, Chef du service communal Gaz-Electricité-Tramways de la Ville de Liège **Liège**, avenue de l'Observatoire, 107.



<b>Janlet, L.</b> , Ingénieur à la Société Financière de Transports et d'Entreprises industrielles	<b>Bruxelles</b> , rue du Commerce, 56.
<b>Janssen, Alb.</b> , Directeur Général adjoint de la Société « Les Tramways Bruxellois »	<b>Bruxelles</b> , avenue Louise, 182.
<b>Janssen, Léon</b> , Administrateur, Directeur Général de la Société « Les Tramways Bruxellois »	<b>Bruxelles</b> , impasse du Parc, 6.
<b>Lechat, C.</b> , Ingénieur aux Tramways Bruxellois	<b>Bruxelles</b> , rue de Birmingham, 120.
<b>Liénart</b> , Administrateur de la Compagnie Générale de Chemins de fer secondaires	<b>Bruxelles</b> , rue des Drapiers, 12.
<b>Limaugé</b> , Administrateur de diverses sociétés de Tramways	<b>Bruxelles</b> , rue Blanche, 6.
<b>Moustrier, P.</b> , Ingénieur aux Tramways de Kar-khoff	<b>Bruxelles</b> , rue des Minimes, 27.
<b>Moyaux, A.</b> , Administrateur-délégué de la Société des Chemins de fer du Tessin	<b>Bruxelles</b> , boulevard du Régent, 30.
<b>Noirfalise, L.</b> , Directeur de la Société anonyme des Tramways Liégeois	<b>Liège</b> , rue Saint-Léonard, 377.
<b>Pedriali, G.</b> , Ingénieur en chef aux Tramways Bruxellois	<b>Bruxelles</b> , impasse du Parc, 6.
<b>Peltzer, Alf.</b> , Administrateur des Tramways Ver-viétois	<b>Heusy-lez-Verviers</b> , Villa des Tilleuls.
<b>Petit, L.</b> , Ingénieur, Chef de division à la Société Nationale des Chemins de fer vicinaux	<b>Solgnies</b> .
<b>Renty, G.</b> , Ingénieur en chef, Directeur à la Société Nationale des Chemins de fer vicinaux	<b>Bruxelles</b> , rue de Turin, 36.
<b>Rosenthal, J.</b> , Ingénieur à la Compagnie ottomane des Tramways de Salonique	<b>Bruxelles</b> , rue du Marais, 31.
<b>Ryndsunsky</b> , Directeur de la Société « Union des Tramways »	<b>Bruxelles</b> , rue des Minimes, 27.
<b>Schönbrunn</b> , Directeur de la Société « Union des Tramways ».	<b>Bruxelles</b> , rue des Minimes, 27.
<b>Spée</b> , Administrateur de la Compagnie Générale de Chemins de fer secondaires	<b>Bruxelles</b> , rue du Trône, 182.
<b>Tellier, A.</b> , Inspecteur de l'Exploitation et des Recettes à la Société Nationale des Chemins de fer vicinaux	<b>Bruxelles</b> , 163, avenue de l'Hippo-drome.
<b>Thonet, Ch.</b> , Directeur Général de la Société d'Entreprise Générale de Travaux.	<b>Liège</b> , boulevard de la Sauvenière, 64
<b>Urban, H.</b> , Ingénieur à la Société Générale de Che-mins de fer économiques	<b>Bruxelles</b> , rue Gachard, 26.
<b>Van den Berghe, Ch.</b> , Ingénieur-Conseil de diffé-rentes sociétés de Tramways	<b>Bruxelles</b> , rue du Conseil, 17.
<b>Van Vloten</b> , Ingénieur-Conseil de différentes sociétés de Tramways	<b>Bruxelles</b> , avenue Louise, 407.
<b>Wigny F.</b> , Ingénieur en chef de la Société ano-nyme d'Entreprise générale de Travaux	<b>Liège</b> , boulevard de la Sauvenière, 64.

## Espagne.

- de Escoriaza, J.-Nicolas**, Président de la Compagnie des Tramways électriques de Grenade **Saragosse**, Calle de la Independencia, 12.
- Koettlitz, E.**, Directeur du Chemin de fer de Barcelone-Sarria **Barcelone**, Villa Dolores 41/43, Calle Gloria San Servasis.
- Pirard, A.**, Directeur des Tramways de Barcelone à San-Andres et Extensions **Barcelone**, Calle Mendez Numez, 18.
- Viscidi**, Ingénieur des Tramways de Barcelone **Sarria près Barcelone**, Calle de los Infantes.

## Etats-Unis.

- Swenson, Prof. Bernard V.**, Secrétaire de l'American Street and Interurban Railway Association **New-York**, Wall street, 60.

## France.

- Bouton, G.**, Directeur des services techniques de la Compagnie des Tramways de l'Est Parisien **Les Lilas** (Seine), rue Floréal.
- Chassin, A.**, Directeur des Tramways de la Côte-d'Or **Dijon**, boulevard de Sévigné.
- Coste, A.**, Secrétaire Général de l'Union de Tramways de France **Paris**, rue de Madrid, 15.
- Dubs, H.**, Ingénieur, Directeur des Tramways de Marseille **Marseille**.
- Edridge, W.-E.**, Ingénieur adjoint aux Tramways de Marseille **Marseille**.
- Francq, L.**, Ingénieur, Administrateur et Conseil de compagnies de Tramways **Paris**, avenue Victor-Hugo, 48.
- Grialou, J.**, Ingénieur-Conseil des Tramways et Omnibus de Lyon **Lyon**, rue Président Carnot, 6.
- Lavalard, E.**, Administrateur-Délégué de la Compagnie Générale des Omnibus **Paris**, avenue de Villiers, 87.
- Mauclère**, Directeur des Ateliers de la Compagnie Générale des Omnibus **Paris**, rue Championnet, 36.
- Pons, F.**, Directeur Général des Tramways et Omnibus de Toulouse **Toulouse**, rue des Prés.
- Serrin, H.**, Ingénieur électricien, Administrateur du Chemin de fer de Hermes à Beaumont **Paris**, boulevard du Temple, 13.
- Triouleyre, L.**, Ingénieur, Secrétaire de la Compagnie Française de Tramways (Indo-Chine) **Neuilly-s/Seine**, rue d'Armenonville, 26.
-

## Hollande.

- Gerritsen**, Président du Chemin de fer de Breskens  
à Maldeghem **Breskens.**
- Hubner, W.-D.**, Secrétaire de la Nederlandsche  
Vereeniging voor Lokaalspoorwegen en Tram-  
wegen **La Haye**, Columbusstraat, 160.
- Neiszen, J.-H.**, Directeur du « Gemeente-Tram  
Amsterdam » **Amsterdam**, Nieuwe Achtergracht.
- Schotel**, Ingénieur **Rotterdam.**
- Van Loenen-Martinet, I.**, Chef du service élec-  
trique de la traction et du matériel à la Com-  
pagnie des Chemins de fer hollandais **Amsterdam.**

## Hongrie.

- Agoston, M.**, Oberbuchhalter der Budapester elek-  
trischen Stadtbahn A.-G. **Budapest VII**, Kertész utca, 10.
- Antal, J.**, Syndicus der Budapester elektrischen  
Stadtbahn A.-G. **Budapest VII**, Kertész utca, 10.
- Urban, A.**, königl. Rath, General-Direktor der Ei-  
senbahn-Verkehrs-Anstalt, Präsident der Arader  
Strassenbahn A.-G. **Budapest**, Fürdo utca, 10.
- von Jellinek**, Generaldirector der Budapester  
Strassen-Eisenbahn-Gesellschaft **Budapest.**

## Italie.

- Amoretti**, Ingénieur **Palerme**, Via Principe Belmonte, 123.
- Banchini, G.**, Directeur des Tramways Milan-Gal-  
larate **Milan**, Via Giuseppe Prina, 22.
- Galimberti, A.**, Directeur du Chemin de fer du  
Vomero **Naples.**
- Giovanola, P.**, Directeur du Service des Tramways  
municipaux de Milan **Milan**, Via S. Paolo, 16.
- Gréa, C.**, Directeur du Tramway Rome-Tivoli **Rome**, Stazione del Tramways, Porta  
S. Lorenzo.
- Marysseal, L.**, Directeur des Tramways à vapeur  
des Provinces de Vérone et Vicence **Vérone**, Via XX Settembre, 142-144.
- Piacani, F.**, Ingénieur de l'Unione Italiana Tram-  
ways Electtrici **Genova-Samplerdarena**, 13, Via Um-  
berto.
- Semenza, G.**, Inspecteur des Services électriques  
de la Société Générale d'Electricité Edison **Milano**, Via Tommaso Grossi, 2.
- Viganotti, M.**, Directeur du Tramway à vapeur  
Monza-Trezzo-Bergamo **Monza.**

## Roumanie.

- Borel, J.**, Directeur Général des Tramways réunis  
de Bucarest **Bucarest.**

## Russie.

<b>Bernard</b> , Ingénieur aux Tramways de Sébastopol	<b>Sébastopol.</b>
<b>Choulgin, E.</b> , Ingénieur des Tramways municipaux de Moscou	<b>Moscou</b> , Kousnetzky, Haus Gortschakoff.
<b>Czetwertynsky</b> , Prince, Vice-Président du Conseil d'Administration des Tramways de la Ville de Varsovie	<b>Varsovie</b>
<b>de Kislansky, Wladislas</b> , Administrateur des Tramways de Varsovie	<b>Varsovie</b> , rue Chopin, 2a.
<b>Del Proposto</b> , Directeur des Tramways de Nicolaïeff	<b>Nicolaïeff.</b>
<b>Deltenre, L.</b> , Directeur des Tramways d'Astrakhan	<b>Astrakhan.</b>
<b>De Wilde, Z.</b> , Directeur des Tramways de Koursk	<b>Koursk.</b>
<b>Hermann</b> , Membre du Conseil d'Administration des Tramways de la Ville de Varsovie	<b>Varsovie.</b>
<b>Kogan, A.</b> , Chef des services électromécaniques de la Commission exécutive pour l'Exploitation et la Construction des Tramways municipaux	<b>Saint-Pétersbourg</b> , 6, Ligowka.
<b>Lehodey, R.</b> , Directeur Général des Tramways d'Odessa	<b>Odessa</b> , place au Foin.
<b>Lineff, A.</b> , Ingénieur-Conseil de la Ville de Moscou	<b>Moscou</b> , Kousnetzky, Haus Gortschakoff.
<b>Polivanoff, M.</b> , Ingénieur des Tramways municipaux de Moscou	<b>Moscou</b> , Kousnetzky, Haus Gortschakoff.
<b>Radziwill</b> , Prince, Président du Conseil d'Administration des Tramways de la Ville de Varsovie	<b>Varsovie.</b>
<b>Santickevich</b> , Chef d'exploitation des Tramways de Sébastopol	<b>Sébastopol.</b>
<b>Spokorny</b> , Directeur Général des Tramways de la Ville de Varsovie	<b>Varsovie.</b>
<b>Suschkine</b> , Ingénieur im Baubureau der städtischen Strassenbahnen	<b>Moscou</b> , Kousnetzki, Haus Gortschakoff.
<b>Woroniecki</b> , Prince, Membre du Conseil d'Administration des Tramways de la Ville de Varsovie	<b>Varsovie.</b>

## Suisse.

<b>Barraud, E.</b> , Ingénieur, Directeur des Tramways lausannois	<b>Lausanne.</b>
<b>Eggermann</b> , Betriebschef der städtischen Strassenbahn	<b>Luzern.</b>
<b>Rochat, Ch.</b> , Directeur Général de la Compagnie Genevoise des Tramways	<b>Genève</b> , route de Chêne, 32.

---

## C. Membres associés

### Allemagne.

Waggon- und Maschinenfabrik A.-G. vorm. Busch	Bautzen.
Akkumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft Fasbender, H., Billet-Fabrik	Berlin N. W., Luisenstrasse, 31 <sup>a</sup> .
Grengel, H.	Berlin, Michaelkirchstr., 17.
Siemens-Schuckert Werke	Berlin N., Koloniestrasse, 12.
Bochumer Verein für Bergbau und Gussstahlfabrikation	Berlin, Markgrafenstrasse, 94.
Gesellschaft für Stahl-Industrie m. b. H.	Bochum.
Westfälische Stahlwerke	Bochum.
Gebr. Hoffmann & Cie, Waggonfabrik	Bochum.
Van der Zypen & Charlier, Eisenbahnwagen- und Maschinenfabrik	Breslau.
Vereinigte Stahlwerke van der Zypen und Wissener Eisenhütten A.-G.	Cöln-Deutz.
Waggonfabrik Akt.-Ges., vorm. P. Herbrand & Cie	Cöln-Deutz.
A.-G. Phönix, Stahlwerk	Cöln-Ehrenfeld.
Düsseldorfer Eisenbahnbedarf vorm. Carl Weyer & Co	Duisburg-Ruhrort.
Granderath, J., vorm. Spoerl, J.-H., Spezialfabrik für Fahrscheinfabrikation	Düsseldorf-Oberbilk.
Th. Goldschmidt	Düsseldorf, Bilkerallee, 94.
Fried. Krupp	Essen.
Hartmann & Braun, A.-G.	Essen.
Dittmann & Neuhaus, Federn-Fabrik	Frankfurt a. M.
Kontinentale Bremsen-Gesellschaft m. b. H.	Herbede i/W.
Vereinigte Maschinenfabrik Ausburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, A.-G.	Lankwitz bei Berlin, Charlottenstr.
Georg-Marien-Bergwerks- und Hütten-Verein	Nürnberg, 24.
Bergische Stahl-Industrie	Osnabrück.
Hermann Heinrich Böker & Cie	Remscheid.
Kaufmann, J. C. F., Schloss-Metallwaren-Fabrik	Remscheid.
	Velbert (Rheinland).

### Autriche.

Grazer Waggon- und Maschinenfabrik Aktien-Gesellschaft vorm. J. Weitzer	Graz.
Oesterreichische Siemens-Schuckert-Werke	Wien XX, Engerthstrasse, 150.
Oesterreichische Union Elektrizitäts Gesellschaft (Bahn Abteilung)	Wien VI, Rahlhof.
Scheinig & Hofmann	Linz a. D., Museumstrasse, 4.

## Belgique.

<b>Accumulateurs Tudor</b>	<b>Bruxelles</b> , rue Joseph II, 79.
<b>Administration des Télégraphes</b>	<b>Bruxelles</b> , place de la Monnaie
<b>Ateliers de constructions électriques de Charleroy</b>	<b>Bruxelles</b> , rue de l'Enseignement, 91.
<b>Compagnie Babcock et Wilcox</b> , Chaudières multitubulaires inexplosibles	<b>Bruxelles</b> , boulevard du Nord, 68.
<b>Arthur Fichet</b> , Constructeur de Tramways et Chemins de fer	<b>Bruxelles</b> , rue de Russie, 36.
<b>Imprimerie Générale des Tramways et des Chemins de fer économiques H. Mommens</b>	<b>Bruxelles</b> , rue Brialmont, 24.
<b>Les Ateliers Métallurgiques</b>	<b>Bruxelles</b> , place de Louvain, 1.
<b>Compagnie Centrale de Construction</b>	<b>Haine-Saint-Pierre</b> .
<b>V. Demerbe &amp; C<sup>ie</sup></b> , Maîtres de forges	<b>Jemappes</b> .
<b>Compagnie Internationale d'Electricité</b>	<b>Liège</b> .
<b>H. de Marneffe &amp; C<sup>ie</sup></b> , Fabrique de ressorts	<b>Liège</b> .
<b>Dyle et Bacalan</b> , Ateliers de construction de matériel de chemins de fer	<b>Louvain</b> .
<b>Société belge Griffin</b>	<b>Merxem-Anvers</b> .
<b>Société des Aciéries d'Angleur</b>	<b>Tilleur</b> .

## France.

<b>Valentin Purrey et C<sup>ie</sup></b> , Matériel de traction mécanique	<b>Bordeaux</b> , boulevard Jean-Jacques Bosc, 1-3.
<b>Société anonyme Westinghouse</b>	<b>Le Havre</b> , boulevard Sadi-Carnot, 2.
<b>Compagnie d'Electricité Thomson-Houston de la Méditerranée</b>	<b>Paris</b> , rue de Londres, 10.
<b>Compagnie française des Aciéries Edgar Allen</b>	<b>Paris</b> , rue Saint-Georges, 20.
<b>Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston</b>	<b>Paris</b> , rue de Londres, 10.
<b>Dyle et Bacalan</b> , Société anonyme	<b>Paris</b> , avenue Matignon, 15.
<b>G. Goisot</b> , Matériel de chauffage par l'électricité	<b>Paris</b> , rue Bélidor, 10.
<b>Société anonyme des anciens Etablissements Parvillée frères et C<sup>ie</sup></b>	<b>Paris</b> , rue Gauthey, 29.
<b>Société Générale des Freins Lipkowski</b>	<b>Paris</b> , rue Taitbout, 37.
<b>Société Parisienne pour l'Industrie des Chemins de fer et des Tramways électriques</b>	<b>Paris</b> , avenue de l'Opéra, 31.
<b>Syndicat Ampère</b>	<b>Paris</b> , rue Saint-Lazare, 66.
<b>Société nouvelle des Etablissements Decauville aîné</b>	<b>Petit-Bourg</b> , près Corbeil (S.-et-O.)
<b>Société anonyme Franco-Belge pour la Construction de matériel de chemin de fer</b>	<b>Raismes</b> , près Valenciennes.
<b>Société anonyme Westinghouse</b> (Etablissements de Freinvillle)	<b>Sévran</b> (S.-et O.)

## Grande-Bretagne.

<b>Edgar Allen &amp; C<sup>ie</sup></b>	<b>Sheffield</b> .
<b>Hadfields Steel Foundry C<sup>o</sup> Limited</b>	<b>Sheffield</b> , East Hecla Works, Tinsley.

## Hollande.

**Beynes, A.-J.**, Fabrique de wagons

**Haarlem**

## Hongrie.

**Ganz & C<sup>o</sup>**

**Budapest.**

## Italie.

**Vacuum Oil Company**, Société anonyme italienne **Genova**, 40, Piazza de Ferrari.

**A. E. G. Thomson-Houston**, Società Italiana di  
Elettricità

**Milano**, Piazza Castello, 5.

## Suisse.

**Gesellschaft für Adhäsionsapparate**

**Bern.**

---

## D. Membres associés personnels

### Allemagne.

**Clamer, A.**, Civil-Ingenieur

**Davin**, Strassenbauunternehmer

**Dietrich, Dr Ing. Max**, Strassenbahn-Ingenieur  
der Stadt Berlin

**Dombrowsky, A.**, Ingenieur

**Duschinsky, H.**, Abteilungschef der Allgemeinen  
Elektricitäts-Gesellschaft

**Fromm, H.**, bevollmächtigter Theilhaber der  
Firma F. Schreiber

**Gaede, H.**, Studiosus

**Goedecke, C. H.**, Regierungsbaumeister a. D.

**Hampohn**, Direktor der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft

**Huber, J. L.**, Ingenieur

**Liebmänn, A.**, Obergeringenieur und Betriebsdirektor a. D.

**Lingersleben**, Baumeister

**Loewe, J.**, Kommerzienrat, Mitglied des Verwaltungsrates der Allgemeinen Elektrizitäts Gesellschaft

**Melaun, Fr.**, Civilingenieur

**Hamburg**, Eimsbüttler Marktplatz, 20.

**Bremen**, Fuldastrasse, 1.

**Berlin-Halensee**, Joachim Friedrichstrasse, 16.

**Bremen**, Altmannstrasse, 15.

**Berlin N. W.**, Friedrich Karl Ufer, 2-4.

**Prenzlau.**

**Berlin S. W.**, Alexandrinenstr., 16,  
part.

**Iserlohn**, Hagenerlandstrasse, 3

**Berlin**, Kurfürstendamm, 203.

**Gelnhausen.**

**Magdeburg**, Königstrasse, 22.

**Halle a/Saale.**

**Berlin**, Dorotheenstrasse, 43/44.

**Charlottenburg**, Hardenbergstr., 9<sup>a</sup>.

- Müller, J. H.**, Ingenieur  
**Otte, F.**, Ingenieur, Prokurist in der Firma Both & Tilmann  
**Oudendyk, Joh.**, Direktor des Elektrizitäts- und Wasserwerks  
**A. Philipsborn**, Ingenieur  
  
**Reichel, Dr. ing. W.**, Professor an der königl. techn. Hochschule zu Berlin.  
**Reinitz, C.**, Industrieller  
**Schelbach**, Ingenieur  
**Schmetz**, Ingenieur  
**Schmidt, O.**, in Firma Hanisch & Cie  
**Schulze, F. F. A.**, Industrieller  
**Sieg, Dr. E.**, Direktor der Kölner Accumulatoren-Werke Gottfried Hagen  
**Thode, A.**, in Firma « A. Thode & Co »  
**Tilmann**, Teilhaber der Firma Both & Tilmann  
**Vogt, J.**, in Firma Th. Schmidt  
**von Bodenhausen, H.**,  
**von Knoblauch, Max**, Ingenieur der Firma Th. Schmidt  
**von Kreyfeld, Georg**, Civil-Ingenieur  
  
**Wolters**, Oberingenieur des Aachener Hütten Aktien-Vereins  
**Zehme, E. C.**, Oberingenieur  
  
**Berlin W.**, Behrenstrasse, 14/16.  
**Dortmund**, Glückaufstrasse, 44.  
**Konitz i/ Westpreussen.**  
**Charlottenburg**, Wilmersdorferstr., 98/99.  
**Lankwitz bei Berlin**, 14, Beethovenstrasse.  
**Haale a/Saale.**  
**Berlin**, Hallesches Ufer, 22.  
**Aachen**, Boxgraben, 47.  
**Berlin**, Neue Friedrichstrasse, 56.  
**Berlin**, Fehrbellinerstrasse, 47.  
  
**Kalk**, bei Cöln  
**Hamburg.**  
**Dortmund**, Glückaufstr., 44.  
**Berlin W.**, Potsdamerstrasse, 10/11.  
**Berlin**, Unter den Linden, 43.  
  
**Berlin W.**, Potsdamerstrasse, 10/11.  
**Wilmersdorf bei Berlin**, 14 Kaiserplatz.  
  
**Rothe-Erde**, bei Aachen.  
**Berlin-Halensee**, Joachim Friedrichstrasse, 56.

## Autriche.

- Bierenz, J.-Ed.**  
**Egger**, Direktor der Vereinigten Elektrizitäts-A.-G.  
**Erber, H.**, General-Sekretär der Brünner Lokaleisenbahn-Gesellschaft  
**Hausmann, O.**, Direktor der Gablonzer Strassenbahn- und Elektrizitäts-Gesellschaft  
**Herrmann, J.**, behörtl. aut. Zivilingenieur  
**Hillischer, Dr. H. Th.**  
**Jirschik, A.**, Industrieller  
**König, Ed.**, Ingenieur  
**Los, A.**, beeideter Bauingenieur  
**Noll, H.**, Betriebsleiter der Lokalbahn Gänserndorf-Gaunersdorf  
**Scheichl, Ed.**, Oberingenieur der österreichischen Siemens-Schuckert-Werke  
**Schurich, Fried.**, Architekt der österreichischen Siemens-Schuckert-Werke  
**Sopauschek, R.**, Oberingenieur der österreichischen Siemens-Schuckert-Werke  
**von Boschan, A.**, Oberingenieur der k. k. priv. Kaiser Ferdinands Nordbahn  
  
**Wien I.**, Giselastrasse, 6.  
**Wien X**, Gudrunstrasse, 187.  
**Brünn.**  
**Gablonz**  
**Essek** (Croatien).  
**Wien I**, Stefanplatz, 11.  
**Wien XIV**, Arnsteingasse, 35.  
**Wien III**, Fasangasse, 55.  
**Prag.**, Smichov, 1102.  
**Gänserndorf** (Niederösterreich.)  
**Wien XX**, Engerthstrasse, 150.  
**Wien XX**, Engerthstrasse, 150.  
**Wien XX**, Engerthstrasse, 150.  
**Wien I**, Kantgasse, 3.



## Belgique.

- Bagge, F.**, Ingénieur  
**Baillon, L.**, Ingénieur  
**Brough, J.-W.**, Représentant de la Hadfield's Steel Foundry C<sup>e</sup>  
**Chaumont, Ad.**, Inspecteur honoraire des Chemins de fer de l'Etat belge  
**De Laveleye, G.**, « Moniteur des Intérêts matériels »  
**de Sébille, A.**, Ingénieur Civil  
**Douglass-Wells**, Ingénieur, Représentant de la Hadfield's Steel Foundry C<sup>e</sup>  
**Dourin, V.**, Ingénieur  
**Dupont, L.**, Directeur des Usines de Baume-Marpent  
**Egger, F.**, Ingénieur  
**Fontaine, G.**  
**Goldschmidt, Robert-B.**, Dr en sciences, Agrégé de l'Université de Bruxelles  
**Legrand, Joseph**, Ingénieur  
**Melot, E.**, Administrateur-Directeur de l' « Echo de la Bourse »  
**Mommens**, Editeur de la « Revue des Chemins de fer économiques et des Tramways »  
**Moreau, L.**, Ingénieur  
**Moyaux, Léon**, Directeur des Usines de Baume et Marpent  
**Raze**, Directeur de la Fabrique de fer d'Ougrée  
**Renwart, H.-L.**, Directeur des Usines Sax  
**Sapin E.**, Ingénieur  
**Steels**, Professeur à l'Université de Gand  
**Tahon E.**, Ingénieur, Représentant des Aciéries Edgar Allen, Sheffield  
**Thimus de Fieverich L.**, Ingénieur du Génie civil et des Mines  
**Thomas**, Fabricant de ressorts  
**Tubino St.**, Directeur de la Vacuum Oil Company  
**Van de Wiel S.**, Administrateur-délégué de la Société anonyme « Accumulateurs Tudor »  
**Willemin M.**, Directeur des ateliers de la Société « Les Ateliers Métallurgiques »
- Bruxelles**, avenue du Midi, 12.  
**Bruxelles**, rue Joseph II, 172.  
**Bruxelles**, rue de la Meuse, 55.  
**Bruxelles**, avenue des Arquebusiers, 89.  
**Bruxelles**, place de Louvain, 21.  
**Bruxelles**, rue Defacqz, 49.  
**Bruxelles**, rue de la Pépinière, 10.  
**Bruxelles**, rue du Congrès, 2.  
**Haine-Saint-Pierre**  
**Bruxelles**, rue de la Chancellerie, 8.  
**Bruxelles**, rue du Beau-Site, 24.  
**Bruxelles**, avenue des Arts, 54.  
**Bruxelles**, rue de Birmingham, 78.  
**Bruxelles**, rue de la Chancellerie, 20.  
**Bruxelles**, rue Brialmont, 24.  
**Bruxelles**, rue de Mérode, 34.  
**Haine-Saint-Pierre.**  
**Ougrée.**  
**Bruxelles**, rue des Palais, 404.  
**Bruxelles**, rue du Châtelain, 67.  
**Gand.**  
**Bruxelles**, rue de la Reine, 19.  
**Bruxelles**, boulevard Clovis, 2.  
**Bruxelles**, quai des Charbonnages.  
**Bruxelles**, rue Royale, 146.  
**Bruxelles**, rue Joseph II, 97.  
**Nivelles.**

## Brésil.

- Da Silva Freire**, Directeur des Travaux de la Ville et Professeur à l'Ecole polytechnique  
**Sao Paulo**, Caixa postal, 18.

## Bulgarie.

- Ilkoff**, Ingénieur aux Chemins de l'Etat bulgare  
**Sofia**, rue Beltcheff, 74.

## Danemark.

**Hentzen R.**, Betriebsdirector der städtischen Elektrizitätswerke

**Kopenhagen**, Gothersgade, 30.

## Espagne.

**Lassala J.-Jmeno**, Ingénieur en chef de Travaux publics de la Province de Valence

**Valencia**, Calle de Colon, 66

**Roussel**, Ingénieur de la Compagnie d'Electricité Thomson-Houston de la Méditerranée, actuellement en service auprès de la Compagnie des Tramways de Cadix à San Fernando

**San Fernando**, près Cadix.

## Etats-Unis d'Amérique.

**Blake Henry-W.**, Editeur du « Street Railway Journal »

**New-York**, 231-241 Westh 39th Street.

**Tratman E. E. R.**, Civil Engineer

**Chicago**, Monadnock Building, 1636.

**Valentini C.**, Engineer

**Schenectady (N. Y.)**, 523, Liberty-Street.

## France.

**Blondel, A.**, Professeur d'électricité appliquée à l'Ecole des Ponts et Chaussées

**Paris**, avenue de La Bourdonnais, 41.

**Botton, M.**, Avocat à la Cour d'appel

**Paris**, place de la Madeleine, 7.

**de Seynes, L.**, Président de la Société « L'Electrique »

**Paris**, rue de Balzac, 14.

**Eyrolles, L.**, Directeur de l'Ecole spéciale de Travaux Publics

**Paris**, rue Du Sommerard, 12.

**Fichet, A.**, Ingénieur

**Paris**, rue de Saint-Petersbourg, 7.

**Gall, H.**, Administrateur-délégué de la Société d'Electro-Chimie

**Paris**, rue Blanche, 2.

**Gossé, A.**, Directeur Général de la Société nouvelle des Etablissements Decauville aîné

**Petit-Bourg**, près Corbeil (S. et O.).

**Neher**, Directeur-adjoint de la Société anonyme Westinghouse

**Le Havre**, boulevard Sardi Carnot, 2.

**Parsons**, Sous-Directeur de la Compagnie française Thomson-Houston

**Paris**, rue de Londres, 10.

**Pirani, E.**, Ingénieur, Fondateur de la Société alsacienne de constructions mécaniques

**Paris**, rue Mozart, 92.

**Robart, R.**, Ingénieur

**Paris**, rue de Rome, 141.

**Sartiaux, E.**, Ingénieur à la Compagnie du Chemin de Fer du Nord

**Paris**, rue de Dunkerque, 48.

**Seguela**, Ingénieur

**Paris**, rue Alphonse Neuville, 24.

**Worms, J.**, Ingénieur des Arts et Manufactures

**Levallois-Perret**, près Paris.

## Grande-Bretagne.

<b>Anderson, Wm.</b>	<b>Dublin</b> , Upper Sackville Street, 9.
<b>Bland, F.</b> , Chef du département des Tramways de la maison Edgard Allen & C <sup>o</sup>	<b>Sheffield</b> , Kenbourne Road, 6.
<b>Conaty, George</b>	<b>Birmingham</b> , Corporation Street, 153.
<b>Cooper, W. R.</b>	<b>London S. W.</b> , Victoria Street, 82.
<b>Courtenay, Jas. W.</b>	<b>London W. C.</b> , Amberley House. Norfolk Street.
<b>Curwen, Maskell E.</b>	<b>London E. C.</b> , Cannon Street, 110.
<b>Dalrymple, J.</b> , General Manager of the Glasgow Corporation Tramways	<b>Glasgow</b> , Renfield Street, 48.
<b>Dawson, Philippe</b>	<b>London E. C.</b> , Old Queen Street, Westminster S. W.
<b>Dixon, W. H.</b> , Directeur de la maison Hadfield's Steel Foundry C <sup>o</sup>	<b>Scheffield</b> , Broomgrove Road.
<b>Freir, E. W.</b> , Rédacteur en chef du « The Light Railway and Tramway Journal »	<b>London E. C.</b> , Eldon Street, 16.
<b>Macferlane, James</b> , Convener of the Glasgow Corporation Tramways	<b>Glasgow</b> , Bath Street, 46.
<b>Pickering, W. B.</b> , Ingénieur en chef de la maison Hadfield's Steel Foundry C <sup>o</sup>	<b>Scheffield</b> , Dover Road, 21.
<b>Russel, Bailie W. F.</b> , Sub-Convener of the Glasgow Corporation Tramways	<b>Glasgow</b> , Bath Street, 46.
<b>Saville, W.</b> , Représentant de la maison Edgard Allen et C <sup>o</sup>	<b>Scheffield</b> , Rustlings Road, 197.
<b>Willcox, A. M.</b> , Rédacteur en chef du «The Tramway and Railway World »	<b>London W. C.</b> Amberley House, Norfolk Street.

## Hollande.

<b>Bakker-Schut, P.</b> , Ingénieur de la Ville de La Haye	<b>La Haye</b> , Obrechstraat, 146.
<b>Corn's Gips, Corn's Zoon</b> , Houthandel	<b>Dordrecht</b> .
<b>Franco J.</b> , Ingénieur, Professeur à l'Ecole Polytechnique de Delft	<b>Delft</b> .

## Hongrie.

<b>Mihalyfi, Josef</b> , Städtischer Oberingenieur der Stadt Budapest	<b>Budapest</b> , Stadthaus III, 400.
---	---------------------------------------

## Italie.

<b>Barzano, Ch.</b> , Ingénieur de la revue technique « L'Industrie »	<b>Milano</b> , Via San Andrea, 6.
<b>Boschi, L.</b> , Ingénieur, Inspecteur principal des Chemins de fer au Ministère des Travaux Publics	<b>Rome</b> .
<b>Callet, G.</b> , Ingénieur de la Compagnie Thomson-Houston	<b>Rome</b> , Via XX Settembre, 49.

<b>Capello, Vincenzo</b> , Directeur départemental des Chemins de fer de l'Etat	<b>Gênes.</b>
<b>Chechetti, G.</b> , Ingénieur	<b>Milano</b> , Via Sebeto, 1.
<b>De Benedetti, V.</b> , Ingénieur au Ministère des Travaux Publics	<b>Rome.</b>
<b>de Vleeschauwer, G.</b> , Ingénieur, Consul de Belgique à Milan	<b>Milan.</b>
<b>Ehrenfreund, Edilio</b> , Chef du Secrétariat de la Direction départementale des Chemins de fer de l'Etat	<b>Gênes.</b>
<b>Lattes, Comm. Oreste</b> , Ingénieur des Mines, Membre de la Commission ministérielle pour l'étude des règlements et cahiers des charges des Tramways et Chemins de fer d'intérêt local	<b>Roma</b> , Via Nazionale, 96
<b>Taverna, C.</b> , Ingénieur, Directeur de la Société anonyme Westinghouse (Agence de Rome)	<b>Rome</b> , Vicolo Sciarra, 54.

### Russie.

<b>Arnd, Alexandre</b> , Ingénieur	<b>Saint-Pétersbourg</b> , Kadetskaja, 31.
<b>Besson, Albert</b> , Ingénieur, Directeur de la Compagnie centrale d'électricité de Moscou	<b>Saint-Pétersbourg</b> , Moika, 112.
<b>Chorazy</b> , Ingénieur civil	<b>Varsovie</b> , Marzalkowska, 87.
<b>Muller, L.</b> , Ingénieur des Voies de communication, Gérant d'affaires à l'Administration de la construction des Chemins de fer de l'Empire	<b>Saint-Pétersbourg</b> , Gorokhovata, 19.
<b>Naruschewitsch, Th.</b> , Ingenieur der Stadt-Verwaltung	<b>Moscou</b> , Twerskoi bulwar, dom Poliakowa, Elektrichesly Tramway.
<b>Struwe, O.</b> Ingénieur au Ministère des Chemins de fer	<b>Saint-Pétersbourg</b> , 4 <sup>e</sup> ligne, 23.
<b>Zdziarski</b> , Ingénieur des Voies de communication	<b>Saint - Pétersbourg</b> , Fontanka, 116, L. 195

### Suède.

<b>Edström, J. S.</b> , Director der Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget	<b>Westeras.</b>
---	------------------

### Suisse.

<b>Graizier, J.</b> , Directeur du service électrique de la Ville de Genève	<b>Genève.</b>
<b>Guénod, A.</b> , Ingénieur-Conseil	<b>Genève</b> , Rue Diday, 12.
<b>Hämig, Heinrich</b> , in Firma : Gesellschaft für Adhäsionsapparate A.-G.	<b>Bern.</b>
<b>Riggenbach</b> , Ingénieur.	<b>Bâle,</b>

---

# TABLE DES MATIÈRES

## Congrès international de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local.

	Pages
Ordre du jour . . . . .	3
Comité de Direction de l'Union internationale . . . . .	5
Comité de réception, à Milan . . . . .	5
Liste des délégués officiels des Gouvernements . . . . .	8
Liste de présence . . . . .	10
 <b>Première séance :</b>	
Ouverture du Congrès . . . . .	19
Communication concernant les progrès de la traction électrique sur les lignes de chemins de fer d'intérêt local . . . . .	22
Communication concernant l'importance économique des usines génératrices et des moteurs à gaz pauvre dans les installations de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local . . . . .	34
 <b>Deuxième séance :</b>	
Discussion du projet de réglementation des moteurs de traction à courant continu. . . . .	36
Discussion de la question relative aux avantages et inconvénients, dans les réseaux importants de tramways, du système d'alimentation par zones isolées ou non isolées, comparé au système d'alimentation sans aucun sectionnement . . . . .	48
Discussion de la question relative au gabarit des voitures de tramways urbains, spécialement au point de vue de la largeur. . . . .	52
Première communication de S. E. le Lieutenant-Général von Wendrich, sur l'emploi des feuilles de route dans les exploitations de chemins de fer d'intérêt local . . . . .	57
Conférence de M. Semenza sur « Les turbines à vapeur dans leurs applications à la traction électrique » . . . . .	60
 <b>Troisième séance :</b>	
Deuxième communication de S. E. le Lieutenant-Général von Wendrich sur l'emploi des feuilles de route dans les exploitations de chemins de fer d'intérêt local. . . . .	78
Discussion de la question relative à la construction des voies dans les réseaux de tramways urbains (infrastructure et superstructure) . . . . .	79
Discussion de la question relative à la superstructure de la voie pour lignes de chemins de fer d'intérêt local au point de vue spécial : a) de la longueur des rails à mettre en œuvre : b) de l'emploi des joints soudés (Falk, Goldschmidt, etc.); c) du chevauchement des joints; d) des moyens d'empêcher le desserrage des boulons . . . . .	89
 <b>Quatrième séance :</b>	
Discussion de la question relative aux résultats obtenus par l'emploi des compteurs de courant et autres sur les voitures de tramways. . . . .	99
Discussion de la question relative aux avantages et inconvénients des différents systèmes de freins mécaniques en usage dans les exploitations de tramways électriques . . . . .	107
Communication concernant la vitesse maximum des trains pour les lignes de chemins de fer d'intérêt local sur siège spécial et pour les lignes sur route . . . . .	118
Communication sur le Schéma de comptabilité adopté par l'Union internationale . . . . .	120
Communication relative à la question du fonds de renouvellement . . . . .	121
Clôture du Congrès . . . . .	121

### Assemblée statutaire de l'Union internationale

Ordre du jour. . . . .	124
Rapport sur la situation de l'Union internationale. . . . .	124
Approbation des comptes des exercices 1904 et 1905 . . . . .	126
Etablissement du budget pour les exercices 1906 et 1907 . . . . .	127
Nomination de membres du Comité de direction en remplacement de MM. L. Janssen, H. Géron et E. Lavalard, membres sortants et rééligibles et de M. F. Nonnenberg, démissionnaire . . . . .	128
Nomination de M. F. Nonnenberg comme membre d'honneur . . . . .	129
Modifications aux statuts . . . . .	130
Election de membres du Comité de direction supplémentaires. . . . .	135
Désignation du lieu et de la date du prochain Congrès. . . . .	136

Réceptions, Excursions, Fêtes et Banquets. . . . .	139
--	-----

### Annexes.

Importance économique des usines génératrices et des moteurs à gaz pauvre dans les installations de tramways et de chemins de fer d'intérêt local. Annexe I. Rapport de M. E.-A. ZIFFER, Vienne . . . . .	151
Réglementation des moteurs de traction à courant continu. Annexe II. Projet de la Commission internationale. . . . .	159
Avantages et inconvénients, dans les réseaux importants de tramways, du système d'alimentation par zones isolées ou non isolées, comparé au système d'alimentation sans aucun inconvénient. Annexe III. Rapport de M. G. RASCH, Aix-la-Chapelle. . . . . Annexe IV. Rapport de M. E. PIAZZOLI, Palerme . . . . .	163 174
Du gabarit des voitures de tramways urbains spécialement au point de vue de la largeur. Annexe V. Rapport de M. H. GÉRON, Bruxelles . . . . .	181
Construction des voies dans les réseaux de tramways urbains (infrastructure et superstructure). Annexe VI. Rapport de M. H. DUES, Marseille . . . . . Annexe VII. Rapport de M. A. BUSSE, Berlin . . . . .	185 209
Superstructure de la voie pour lignes de chemins de fer d'intérêt local au point de vue spécial : a) de la longueur des rails à mettre en œuvre; b) de l'emploi des joints soudés (Falk, Goldschmidt, etc.); c) du chevauchement des joints; d) des moyens d'empêcher le desserrage des boulons. Annexe VIII. Rapport de M. C. DE BURLET, Bruxelles . . . . .	313
Résultats obtenus par l'emploi de compteurs de courant et autres sur les voitures de tramways. Annexe IX. Rapport de M. WATTMANN, Cologne. . . . .	320
Systèmes de freins mécaniques en usage dans les exploitations de tramways électriques. Annexe X. Rapport de M. L. PETIT, Bruxelles. . . . . Annexe XI. Rapport de M. SCHOLTEN, Nuremberg . . . . .	334 339
Vitesse maximum des trains pour les lignes de chemins de fer d'intérêt local sur siège spécial et pour les lignes sur route. Annexe XII. Rapport de M. E. KRASA, Czernowitz . . . . .	344
Liste des membres de l'Union internationale (1 <sup>er</sup> janvier 1907). . . . .	358







